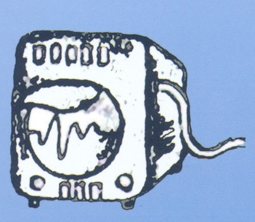
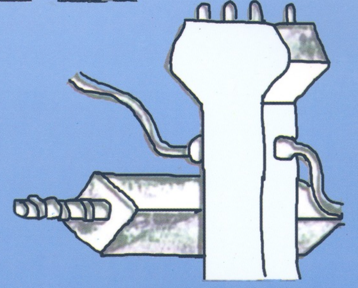


مواد البناء واختباراتها

شروح ومسائل وتمارين







د.م. أسامة صالح ميرو

كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق

الطبعة الأولى

المنظمة العربية
للتربية والثقافة والعلوم



المركز العربي
للتعريب والترجمة والتأليف والنشر

مواد البناء واختباراتها

شروح ومسائل وتمارين

مواد البناء واختباراتها

شروح ومسائل وتمارين

الدكتور المهندس

أسامة صالح ميرو

مراجعة

أ.د. محمد راتب سطاس

دمشق 2002

مواد البناء واختباراتها ـ شروح ومسائل وتمارين

تأليف: د. أسامة صالح ميرو

المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق

ص.ب: 3752 ـ دمشق ـ الجمهورية العربية السورية

هاتف: 3334876 11 963 + ـ فاكس: 3330998

E-mail: acatap@net.sy
Web Site: www.acatap.htmlplanet.com

الفهرس

تقديم

يمكن القول أن الأمان مطلوب جداً في المنشآت الهندسية جميعها كالسيارة والطيارة والقطار وغيرها، ولكنه مطلوب بدرجة أكبر في المباني، لأن الوقت الذي نمضيه في المباني يزيد كثيراً على الوقت الذي نمضيه في المنشآت الهندسية الأخرى. وبالرغم من أن المباني هي في المحصلة منشآت هندسية كالسيارة والطيارة، إلا أن الناس يمكن أن تفهم وتتقبل حصول حوادث في السيارات، لكنها لا يمكن أن تفهم أو تتقبل حصول حوادث في المباني.

تشكل صناعة البناء إحدى أهم الصناعات في العالم، وإن الأموال المستثمرة في هذه الصناعة تشكل نسبة كبرى من الدخل القومي لجميع البلدان، وخاصة لبلدان العالم الثالث التي تعد سورية وبقية البلدان العربية من بينها، بسبب الزيادات الكبيرة في السكان وضرورة تعويض النقص في الخدمات. إن التوفير ولو بنسبة بسيطة في صناعة البناء تعني توفيراً لمبالغ كبيرة على المستوى العام.

إن مفتاح الوصول للأمان والاقتصاد في المباني هي مواد البناء. ولابد من اجل تحقيق متانة واقتصادية المباني والمنشآت من فهم خواص مواد البناء المتوفرة، والاختبارات اللازمة للتحقق من جودة هذه الخواص.

لقد كانت مواد البناء المتوفرة قديماً محدودة جداً (إذ لم تتعد الحجر والطين والخشب ثم الحديد) وخواصها معروفة للعاملين في مهنة البناء من طول الممارسة. أما الآن، فقد تعددت هذه المواد كثيراً، وهناك مواد جديدة تظهر باستمرار، كما تنوعت مواصفات المواد لدرجة أصبح فيها من الصعب التمييز بينها، مما جعل اختبارات مواد البناء ضرورية للتمييز بين المواد الجيدة التي تحقق المواصفات المطلوبة، والمواد الرديئة التي لا تحققها.

هذا وتفتقر المكتبة العربية إلى كتب علمية متخصصة تعالج موضوع مواد البناء، ومن هنا يأتي كتاب مواد البناء واختباراتها للزميل الدكتور أسامة ميرو محاولاً سد الثغرة، حيث يعالج بعمق وتفصيل موضوع مواد البناء. وقد اتبع الزميل في هذا الكتاب أسلوباً جيداً، فهو يبدأ

بشرح موجز للخاصية التي يود دراستها، ثم يتقدم بأمثلة محلولة بالتفصيل، وينتهي بمسائل على الموضوع ذاته ليتم حلها من قبل القارئ، ويعطي أجوبة هذه المسائل ليتم التحقق من صحة الحل.

يفيد هذا الكتاب طلاب الهندسة المدنية والمعمارية، إضافة للمهندسين الممارسين العاملين في تنفيذ المباني.

أخيراً لا يسعني إلا أن أشكر الزميل الدكتور أسامة ميرو على هذا العمل، وكلي أمل أن يقوم الزملاء بالمشاركة في إغناء المكتبة العربية بأعمال حول المواضيع الهندسية المختلفة.

دمشق في 2002/3/12

الدكتور المهندس أحمد الحسن
أستاذ ورئيس قسم الهندسة الإنشائية
في كلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق

مدخـــل ومقدمـــة

لا شك أن مسيرة الحياة بكافة أشكالها لا تتوقف عند عمل ما مهما كان عظيماً، ولّما كان علم مواد البناء واختباراقما قديم قدم الحضارة الإنسانية فإنه أيضاً خاضع وككل العلوم للتطوير والتجديد فقد صنع العرب قبل أكثر من أربعة آلاف عام البيتون بصورته القديمة، الطين المشوي، بأشعة الشمس، وذلك بين دجلة والفرات بحسب المصادر الغربية وكان ذلك قبل اكتشاف الإسمنت والآن وقد أصبح لزاماً للطالب والمهندس العربي في كليات الهندسة وفي الورشة والمكتب وأينما كان التسلح بمعرفة نوعية لامتلاك الأرضية المناسبة للقرار الهندسي الصحيح في اختيار مواد البناء وكشف وسبر أغوارها وامتلاك أسرارها وخواصها حيث يتميز المهندس الخبير عن غيره بامتلاكه هذه المعارف، فقد أصبحت العلوم الهندسية الحسابية وأغلبها مبرمجة ومتاحة بالكثير من البساطة. ولكن هذا العلم يحتاج لتماس مباشر واحتكاك ساخن بين المهندس ومواد البناء حيث تتنوع وتختلف وتتصنف وعلينا الإلمام والإتقان لنكون ونبقى على المستوى المعرفي والهندسي المطلوب والمأمول.

ومن هنا ومن إحساسنا وبعمق التجربة بضرورة تطوير طرائق تعلّم وتعليم هذا المقرر والمقررات القريبة أصبح من الضروري والملح ظهور مثل هذا الكتاب العملي المرجعي بطبعته الأولى. فقد اعتاد الوسط الهندسي في أرجاء الوطن العربي التعامل مع مسائل ومشاكل بعينها بصورها العملية وهذا ما فرض هذا الأسلوب والشكل على الكتاب والذي اعتمد أرقاماً واقعية أو قريبة من الواقع في خواص المواد واستخداماتها ليبقى لطيف الأثر وموقعاً وموئلاً مرجواً للفائدة وحاولنا بعون الله أن يكون كثير التبسيط فليس في التعقيد الشطارة.

جاء هذا الكتاب بصورة مسائل محلولة حاولنا أن يكون شاملاً لكل مواد البناء، وفي محاولة جادة لترسيخ التجربة هناك المسائل التي يتطلب من القارئ حلها، كما يحتوي الكتاب على الجواب النهائي لهذه المسائل أيضاً وذلك من باب المراقبة الذاتية. ويغطي هذا الكتاب

بمفرداته منهاج السنة الثانية في كليات الهندسة ومقرر مواد البناء الاختياري للسنوات الأعلى.

لم يتقيد الكتاب بطبعته الأولى هذه بنورم أو مواصفة بعينها (لأن ذلك يتطلب توسعاً كبيراً) وذلك قدر الإمكان ليكون متاحاً للعدد الأكبر من المهتمين.

وفي عمل قادم قريب إن شاء الله سيتم اعتماد مواصفتين شرقية وغربية لتطبيقات ومسائل أكثر اتساعاً وشمولية.

إن معين الأجداد لا ينضب وسيبقى ذلك الألق المعرفي مقترناً بالعرب لأنها أمة علم وإيمان

والله ولي التوفيق

المؤلف

د.م.أسامة ميرو

البحث الأول

الخواص العامة لمواد البناء

إن البحوث التـــي يقوم بها المهندسون وغيرهم لتحديد الخواص العامة لمواد البناء تسمح بتقييم صلاحية هذه المواد للاشتراطات التقنية المطلوبة، كما تمكّن من الاختيار الصحيح للمواد في ظروف الاستثمار المختلفة. وإن معرفة الخواص العامة للمواد ضرورية وهامة لإجراء الحسابات الهندسية المختلفة، مثل: حساب الحمولات، وتحديد كتل الأبنية، وحساب النقل وتكاليفه. ولاختيار سعة وحجوم المستودعات التخزينية من الضروري معرفة كثافة المواد وأوزانها وحجومها.

ولتقييم مقاومة وثبات المنشآت والتنبؤ بديمومتها لا بد من إجراء حسابات مقاومة المواد وتأثرها وعلاقتها بالرطوبة والحرارة... الخ.

وعند إجراء هذه الحسابات لا بد من التمكن من استخدام وحدات القياس بمهارة، هذه الوحدات التـــي تعكس الربط مع منظومات الواحدات الدولية وغيرها.

وفي الجدول (1) والجدول (2) تعطى العلاقات الحسابية لأهم الخواص الفيزيائية والميكانيكية لمواد مختلفة.

وفي نظام الوحدات الدولية (SI) الجدول (3) تم اعتماد المتر (m) كوحدة للطول – الكيلو غرام (kg)كوحدة للكتلة – الثانية (sec) كوحدة للزمن – الأمبير (A) وحدة لقوة التيار – (K°) درجة كيلفن وحدة للترموديناميك الحراري – (Kd) الكاندل وحدة لقوة الضوء – المول (mol) وحدة لكمية المادة. وأحياناً من الأسهل استخدام مضاعفات الوحدة حيث يتم الضرب بعشرة مرفوعة بالأس المناسب وعندها تحتاج الوحدة لكود إضافي كما هو في الجدول (4).

الجدول (1): العلاقات الحسابية لأهم الخواص الفيزيائية

الخواص العامة	الواحدة	العلاقات الحسابية	شروحات للعلاقة
الوزن النوعي	kg/m^3	$\gamma = m/V$	m كتلة العينة جافة V الحجم المطلق
الوزن الحجمي (الوسطي)	kg/m^3	$\gamma_0 = m/V_1$	V_1 الحجم مع المسامات والفراغات
الوزن الحجمي الردمي	kg/m^3	$\gamma = m/V_N$	V_N حجم المادة في الحالة الردمية
المسامية	%	$P = (1 - \gamma_0/\gamma)100$	
الرطوبة	%	$W = \frac{mw - m}{m} 100$	m_w كتلة المادة الرطبة
درجة امتصاص الرطوبة	%	$W_H = \frac{m_H - m}{m} 100$	m_H كتلة المادة بعد توازنها من حيث الرطوبة مع الوسط المحيط الرطب بنسبة 100%.
درجة امتصاص الماء لكتلة ما وزناً	%	$W_m = \frac{m_m - m}{m} 100$	m_m كتلة المادة المشبعة بالماء
درجة امتصاص الماء لكتلة ما حجماً	%	$W_V = \frac{m_m - m}{V} 100$	V حجم المادة. m_m كتلة المادة بعد توازنها من حيث الرطوبة.
معامل الفلترة	م/سا	$K_F = \frac{V_W \delta}{S \Delta P \tau}$	V_w حجم الماء المار δ سماكة الجدار S مساحة الجدار ΔP فرق الضغط الهيدروستاتيكي على حدود الجدار مم – عمود – ماء τ الزمن بالساعة

معامل نفاذية البخار	g/(m.h.Pa)	$M = \frac{V_B \gamma \delta}{S \tau \Delta P_B}$	V_B حجم البخار ذي الكثافة γ والمار عبر الجدار ΔP_B فارق ضغط البخار على حدود الجدار Pa باسكال
معامل التطرية	–	$K_R = f_W / F$	f_W متانة المادة المشبعة بالماء F متانة المادة الجافة
عامل الناقلية الحرارية	$wt/(m \cdot C^\circ)$ $\frac{\text{حرة}}{\text{م.درجة}}$	$\lambda = \frac{Q\delta}{S(t_1 - t_2)\tau}$	Q كمية الحرارة – جول t_1 درجة حرارة السطح الساخن للعينة t_2 درجة حرارة السطح البارد للعينة τ الزمن بالساعة w_t واط
المقاومة الحرارية	$m^2 \cdot C^\circ / wt$	$f_t = \delta / \lambda$	
عامل السعة الحرارية النوعية	$kdG/(kg \cdot C^\circ)$	$C = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)}$	
تمرير الحرارة	m^2/h	$\alpha = \lambda / C\gamma_0$	
معامل التمدد الخطي الحراري	–	$\alpha = \frac{L_1 - L_0}{L_0(L_1 - L_2)}$	L_0 الطول البدائي للعينة L_1 طول العينة بعد التسخين

الجدول (2): العلاقات الحسابية لأهم الخواص الميكانيكية

الخواص	الوحدة	العلاقة الحسابية	شروحات للعلاقة
حد المقاومة	MPa	$\bar{F} = F/S$	F الحمولة عند الانكسار S مساحة مقطع العينة المختبرة
القساوة بطريقة برينيل	MPa	$HB = \frac{2F_H}{\Pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	F_H الحمولة على الكرة الفولاذية النموذج. D قطر الكرة الفولاذية

			d قطر الأثر الذي تتركه الكرة الفولاذية
الاهتراء	gr/cm^2	$u = (m - m_1)/S$	m كتلة العينة قبل الاهتراء (gr) m_1 كتلة العينة بعد الاهتراء (gr) S مساحة الاهتراء (cm^2)
مقاومة الطرق	MPa	$A = \frac{F_K(1+2+3+...+n)}{V}$	F_K وزن حلقة الجهاز n تسلسل رقم الطرقة التي تهشم العينة V حجم العينة
الانكماش	mm/m	$\varepsilon_{YS} = (L_0 - L_1)/L_0$	L_0 الطول البدائي للعينة (mm) L_1 الطول النهائي للعينة (mm)
الزحف	mm/m	$\varepsilon_Z = \varepsilon_P - (\varepsilon_{YS} - \varepsilon_Y)$	ε_P التشوه الكلي ε_Y التشوه المرن
معامل المرونة	MPa	$E = \delta_N / \varepsilon_Y$	σ الإجهاد
حد السيلان	MPa	$\sigma_f = F_t / S$	F_t الحمولة الموافقة لحد السيلان

الجدول (3): نظام الواحدات الدولية (SI)

المقدار المقاس	وحدة القياس	الرمز	العلاقة بين نظام SI ونظم القياس الأخرى
1	2	3	4
الطول	متر	m	$1m = 10^2 = 10^3$ mm
الوزن (الكتلة)	كيلوغرام	kg	$1 kg = 10^3$ gr
الزمن	ثانية	sec	$1sec=2.78*10^{-4}h=1.67*10^{-2}$ min
قوة التيار الكهربائي	آمبير	a	

	Sv	شمعة	قوة الضوء
$1K^o = 1C^o + 273.15$	K^o	درجة كيلفن	الحرارة الترموديناميكية
الوحدات المشتقة			
$1m^2 = 10^4$ cm^2	m^2	متر مربع	المساحة
$1m^3 = (10^3/1.000028)$ (L) Liter	m^3	متر مكعب	الحجم
1 $kg/m^3 = 10^{+6}$ $gr/cm^3 = 10^{-3}$ T/m^3	kg/m^3	كيلو غرام على متر مكعب	الكثافة (الوزن الحجمي)
1m/sec = 3.6 km/h	m/sec	متر في الثانية	السرعة
$1N = 10^5 diN = 0.102kg$, 9.81N = 1kg	N	نيوتن	القوة (وزن)
$1N/m^2 = 0.102kg/m^2 = 1.02^* 10^{-5}$ at $= 1.02 \cdot 10^{-5} kg/cm^2$ $1N/m^2 = 1.02 \cdot 10^{-7}$ kg/mm^2	N/m^2	نيوتن على المتر المربع	الضغط (إجهاد ميكانيكي)
$1kg/m \cdot sec = 10pwaz$	$N.sec/m^2 =$ kg/m.sec	نيوتن. ثانية على المتر المربع	اللزوجة الديناميكية
$1m^2/sec = 10^4$ Stocs	m^2/sec	متر مربع على الثانية	اللزوجة الحركية
$1dj = 10^7$ Erg = 0.102 kgm; 1dj = 0.239 cal = $0.239 \cdot 10^{-3}$ kcal; 1kcal = $4.19 \cdot 10^3$ dj.	dj	جول	العمل، الطاقة، كمية الحرارة
1wt = 0.102 kg.m/sec; 1Lsec = 736wt	Wt	واط	الاستطاعة
1dj/grad = 0.000238 kcal/grad; 1kcal/grad = 4187 dj/grad	dj/grad	جول على درجة	السعة الحرارية

السعة الحرارية النوعية	جول على كيلو غرام × درجة	dj/kg.grad	1dj/kg.grad=0.000238kcal/kg.grad 1kcal/kg.grad = 4187 dj/kg.grad
معامل التمرير الحراري	واط على متر درجة	wt/m.grad	1kcal/m.h.grad = 1.163 wt/m.grad
شدة الصوت	واط على متر مربع	wt/m^2	$1wt/m^2 = 10^3 erg/cm^2 \cdot sec$
معامل نقل الحرارة والطرح الحراري والتبادل الحراري	واط على متر مربع درجة	$wt/m^2.grad$	$1kcal/m^2 \cdot h \cdot grad = 1.163$ $wt/m^2.grad$
معامل تمرير الحرارة	متر مربع في الثانية	m^2/sec	$1m^2/sec = 10^2 cm^2/sec$
معامل إصدار (إطلاق) الأشعة	واط على متر مربع درجة كيلفن مرفوعة للأس أربعة	$Wt/m^2 \cdot grad \cdot K^4$	

الجدول (4): التعامل مع الوحدات

الواحدات الإضافية	الرمز	الوحدة الأساسية مضروبة بـــ:
تيرا	T	10^{12}
غيغا	G	10^9
ميغا	M	10^6
كيلو	k	10^3
هكتو	h	10^2
ديكا	da	10^1
ديسي	d	10^{-1}

10^{-2}	c	سانتي
10^{-3}	m	ميلي
10^{-6}	µ	ميكرو
10^{-9}	n	نانو
10^{-12}	p	بيكو
10^{-15}	f	فيمتو
10^{-18}	a	آتو

1.1 الكثافة والمسامية

الكثافة: هي خاصية المواد التـــي تميز العلاقة الكمية لكتلة المواد منسوبة إلى حجمها وللمواد المسامية والردمية (بحص – رمل – حبوب ... إلخ) وكذلك للمواد غير المتجانسة تعرف الكثافة الحقيقية (الوزن النوعي) وتعرف الكثافة الوسطية (الوزن الحجمي). حيث يتم تحديد الوزن النوعي gr/cm^3 للمواد الصلبة ذات المسامات بطريقة البيكنومتر الذي يؤمن طرد الهواء والغازات من مسامات المادة وفراغاتها وذلك بطريقة الطحن وزيادة السطح النوعي للمادة وبالتسخين للغليان أو بالتفريغ من الهواء بالفاكيوم.

ويمكن تحديد الوزن الحجمي للمواد ذات المسامات وكذلك الوزن النوعي للمواد عديمة المسامات بالطريقة الهيدروستاتيكية التي تعتمد قياس وزن العينة في الهواء ووزنها داخل السائل ذي الكثافة المعروفة مسبقاً المستخدم في التجربة أو من خلال حساب كتلة السائل المزاح بالعينة.

مسامية المواد P: تميز حجم الفراغات V_p في وحدة الحجم للمادة ويتم حساب المسامية الكلية أو المسامية الحقيقية % بالعلاقة:

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right)100$$

حيث: γ_0 الوزن الحجمي للمادة.

γ الوزن النوعي لها.

ولتحديد المسامية هناك طرق أخرى متعددة ومنها على سبيل المثال تعريض العينة لضغط هيدروليكي كبير لتأمين ملء كافة الفراغات بسائل ملون بطريقة الفاكيوم أو بطريقة الضغط والقياس بواسطة الميكروسكوب.

مسائل محلولة:

المسألة رقم 1:

احسب المساحة الأصغرية المفيدة لمستودع كي يتسع لكمية $m = 10t$ مادة حبيبية وزنها الحجمي $\gamma_0 = 1300kg/m^3$، إذا علمت أن ارتفاع المادة في المستودع يجب ألاّ يتجاوز $h = 1.5$ m.

الحل: نحسب حجم المادة في المستودع:

$$V = m/\gamma_0 = 10000/1300 = 7.69m^3$$

مساحة المستودع يجب أن تكون:

$$S = V/h = 7.69/1.5 = 5.13m^2$$

المسألة رقم 2:

احسب سعة ‒V‒ وطول ‒L‒ ومساحة ‒S‒ مستودع بحص على شكل كومة كبيرة في مجبل بيتونـــي بحيث تكفي موجودات المستودع من البحص لعمل 10 أيام للمجبل إذا كان استهلاك المعمل يومياً من البحص $m_d = 600t$ ، ارتفاع الكومة $h = 4m$ ، زاوية الميل الطبيعي للبحص $\beta = 35^0$ ، الوزن الحجمي الردمي للبحص $\gamma_0 = 1450kg/m^3$.

ولحساب سعة مستودع الحصويات تستخدم عادة العلاقة:

$$V_F = V_d * \tau_x * 1.2 * 1.02$$

حيث: Vd الاستهلاك أو المصروف اليومي من الحصويات.

τ_x معدل التخزين النظامي للمادة.

1.2 معامل توسع فراغات الحصويات.

1.02 معامل ضياع وتبعثر المادة أثناء النقل والحمل.

الحل:

$$V_d = md/\gamma_0 = 600/1.45 = 413.7m^3$$

$$V_F = 413.7 \cdot 10 \cdot 1.2 \cdot 1.02 = 5063.7\,m^3$$

طول المستودع على الشكل المقصود والموجود في المجابل يمكن حسابه من العلاقة:

$$L = \frac{V_F \cdot tg\beta}{h^2}$$

حيث β زاوية الميل الطبيعي للمادة في المستودع

$$L = \frac{5063.7 \cdot 0.699}{16} = 221.2\,m$$

وتحسب مساحة المستودع من العلاقة:

$$S = \frac{2L * h}{tg\beta} = S = \frac{2 * 221.2 * 4}{0.699} = 2531.6\,m^2$$

المسألة رقم 3:

يطلب حساب حجم مستودعات التخزين للرمل والبحص لمجبل بيتوني إذا كانت هذه المستودعات مغلقة وبحيث تؤمن احتياطياً من المواد يكفي لعمل 10 أيام إذا كان الإنتاج اليومي للمجبل من البيتون $V_d = 500\,m^3$، إذا علمت أن مصروف الرمل والبحص لـ $1m^3$ من البيتون هو على التوالي: الرمل $S = 712\,kg/m^3$ والبحص $G = 1320\,kg/m^3$ ومعامل امتلاء المستودعات 0.9، الوزن الحجمي الردمي للرمل $\gamma_{0S} = 1500kg/m^3$.

الوزن الحجمي الردمي للبحص $\gamma_{0G} = 1400\,kg/m^3$.

الحل: المخزون الاحتياطي النظامي للحصويات:

- للرمل كتلة: $S_Z = V_d * \tau * S = 500 * 10 * 0.712 = 3560\,t$
- للبحص كتلة: $G_Z = V_d * \tau * G = 500 * 10 * 1.32 = 500 * 10 * 1.32 = 6600\,t$
- للرمل حجماً: $V_{SZ} = S_Z / \gamma_{OS} = 3560/1.5 = 2380m^3$
- للبحص حجماً: $V_{GZ} = G_Z / \gamma_{OG} = 6600/1.4 = 4360\,m^3$

وبالتصحيح، باستخدام معامل امتلاء المستودعات المساوي 0.9 تصبح الحجوم اللازمة

لمستودعات الرمل: $V_{SZ} = 2650\,m^3$

ولمستودعات البحص $V_{GZ} = 4840\,m^3$ وذلك بتقسيم الحجوم تباعاً على 0.9.

المسألة رقم 4:

الوزن الحجمي الردمي للرمل الجاف $\gamma_{0S} = 1500 kg/m^3$ عند رطوبة طبيعية مساوية $Ws = 5\%$ انخفضت قيمة الوزن الحجمي إلى $\gamma_{0S}^{w} = 1150\,kg/m^3$

يطلب تحديد وحساب التحول في الحجم (الانتفاخ أو التقلص) بالترطيب.

الحل: طريقة أولى: إن طناً واحداً من الرمل الجاف يشغل حجماً مساوياً لـــ $V_{Sd} = 1/1.5 = 0.66\,m^3$

ويشغل طن واحد من الرمل برطوبة 5% حجماً قدره:

$$V_{SW} = 1/1.15 = 0.87\,m^3$$

ويصبح التحول في الحجم: $\Delta V = \frac{V_{SW} - V_{Sd}}{V_{Sd}} 100$

$$\Delta V = \frac{0.87 - 0.66}{0.66} 100 = 37\%$$ نسبة الزيادة في الحجم

طريقة ثانية: كتلة الرمل بعد الترطيب:

$$m_{SW} = \gamma_{0S}\left(1 + \frac{W_S}{100}\right) = 1500\left(1 + \frac{5}{100}\right) = 1575\,kg$$

حجم الرمل الرطب:

$$V_{SW} = m_S / \gamma_{0S}^{W} = 1575/1150 = 1.37\,m^3$$

$$\Delta V = V_{SW} - V_S = 1.37 - 1 = 0.37$$ نسبة الزيادة في الحجم

أو 37%

المسألة رقم 5:

يطلب حساب الوزن الحجمي γ_0 لقطعة حجر طبيعي ذات شكل غير هندسي إذا علمت أن وزنها في الهواء $m_1 = 100gr$ ووزنها داخل الماء $m_w = 55gr$ وتم برفنة العينة قبل

وزنها بالماء للمحافظة على خواصها (مسامية - رطوبة...) وكانت كتلة العينة المبرفنة $m_{1p} = 101 gr$ وكثافة البرافين $\gamma_P = 0.93 gr/cm^3$

الحل: إن حجم العينة المبرفنة V_{0P} حسب قانون أرخميدس يساوي النقص في كتلتها عند وزنها داخل الماء وذلك عند كثافة للماء $\gamma_W = 1 gr/cm^3$

ومنه: $V_{0P} = \dfrac{m_{1P} - m_W}{\gamma_W} = 101.1 - 55 = 46.1 cm^3$

كتلة البارافين: $m_P = m_{1P} - m_1 = 101.1 - 100 = 1.1 gr$

وحجم البارافين: $V_P = m_P / \gamma_P = 1.1/0.93 = 1.18 cm^3$

حجم العينة دون برفنة:

$$V_0 = V_{0P} - V_P = 46.1 - 1.18 = 44.92 cm^3$$

ومنه الوزن الحجمي للمادة من خلال الوزن الحجمي للعينة:

$$\gamma_0 = m_1 / V_0 = 100/44.92 = 2.23 gr/cm^3$$

المسألة رقم 6:

عند تحديد الوزن النوعي لجص البناء (الجبصين) تم أخذ عينة منه بوزن $m_0 = 85 gr$ وفي قارورة لوشاتليه وضع جزء من هذه العينة، وتبقى مقدار وزنه $m_1 = 15.5 gr$ ونتيجة هذه العملية ارتفع منسوب الكيروسين من الصفر إلى مستوى $25 cm^3$.

يطلب حساب الوزن النوعي للجص.

الحل: إن كتلة الجص التـــي دخلت قارورة لوشاتليه:

$$m_g = m_0 - m_1 = 85 - 15.5 = 69.5 gr$$

إن حجم الجص في الحالة المطلقة أي دون مسامات وفراغات يساوي حجم الكيروسين المزاح بالعينة، أي يساوي $V_g = 25 cm^3$

وهكذا فإن الوزن النوعي للجص: $\gamma = m_g / V_g = 69.5/25 = 2.7 gr/cm^3$

المسألة رقم 7: ما هو مقدار الحمولة التـــي يتلقاها كل مسند من المسندين الحاملين لجائز

من البيتون المسلح مقطعه مستطيل $60\times14cm$ وطوله $L= 6.5m$ إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي للبيتون المسلح $\gamma_{0b} = 2500 kg/m^3$؟

الحل: حجم الجائز $V_B = 0.60 * 0.14 * 6.5 = 0.55 m^3$

كتلة الجائز $m_B = V_B * \gamma_{0b} = 0.55 * 2500 = 1380 kg$

إن القيمة الرقمية لكتلة الجسم بالكيلوغرامات تساوي القيمة الرقمية لوزن هذا الجسم ويساوي قوة الثقل بالكغ.

وفي الوحدات الدولية Si تقاس بالنيوتن حيث:

1 نيوتن: قوة تعطي للجسم ذي الكتلة 1 كغ ث تسارعاً مقداره $1m/sec^2$ في اتجاه تأثير هذه القوة. وبهذا يكون:

1 (كغ ث) = 10 N (نيوتن)

وهكذا القوة أو الحمولة التـــي يعطيها الجائز البيتونـــي إلى المسندين: $F_b = 1380 * 10 = 13.8 KN$

وتصبح الحمولة التـــي تؤثر على كل مسند: $F_0 = 13.8/2 = 6.9 KN$

المسألة رقم 8:

جدار مسبق الصنع من البيتون الغازي بأبعاد $3.1\times2.9\times0.3m$ كتلته $m_m = 2160\ kg$.

احسب مسامية البيتون الغازي إذا علمت أن وزنه النوعي $\gamma_{bg} = 2.81 gr/cm^3$

الحل: إن حجم الجدار: $V_m = 3.1 * 2.9 * 0.3 = 2.7 m^3$

- الوزن الحجمي للبيتون الغازي = $\gamma_{0bg} = m_m / V_m = 2160/2.7 = 800 kg/m^3$

مسامية البيتون الغازي = $P = \left(1 - \frac{\gamma_{0bg}}{\gamma_{bg}}\right)100 = \left(1 - \frac{800}{2810}\right)100 = 71.5\%$

$$P = \left(1 - \frac{800}{2810}\right)100 = 71.5\%$$

المسألة رقم 9:

مكعب من البيتون الغازي بأبعاد $20 \times 20 \times 20cm$ يسبح في الماء ويبرز منه جزء خارج

الماء بارتفاع $h = 6.5cm$. يطلب تحديد مسامية البيتون الغازي إذا علمت أن وزنه النوعي $\gamma_{bg} = 2.79 gr/cm^3$.

ملاحظة: يمكن حذف الماء الممتص.

الحل: إن حجم (وزن) الماء المزاح بالمكعب البيتونـــي يساوي كتلته. وباعتبار أن الجزء البارز فوق سطح الماء من العينة يساوي $h = 6.5cm$ فإن هذا يعنـــي أن طول الجزء المغمور $= h_1 = 20 - 6.5 = 13.5 cm$

وقد أزاح بذلك الجزء كمية من الماء حجمها:

$$V_W = 20 \times 20 \times 13.5 = 5400 cm^3$$

وهكذا فإن كتلة العينة $5.4 kg$ أو $m_0 = 5400 gr$

و حجم العينة المكعبية $V_0 = 20 \times 20 \times 20 = 8000 cm^3$

وبهذا يمكن حساب الوزن الحجمي من العلاقة:

$$\gamma_{0bg} = m_0 / V_0 = 5400/8000 = 0.68 gr/cm^3$$

أو $680 kg/m^3$

ومنه المسامية حسب العلاقة: $P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) 100$

المسألة رقم 10:

صندوق سيارة شاحنة أبعاده $2.8 \times 1.8 \times 0.6m$ مملوء حتـــى ثلثي (2/3) الارتفاع بمادة البحص، فإذا علمت أن وزن السيارة فارغة $m_C = 3t$ ووزنها مع البحص $m_{CG} = 5.86t$، احسب الوزن الحجمي الردمي ونسبة الفراغات في البحص علماً أن وزنه النوعي $\gamma_G = 2.7 gr/cm^3$

الحل: حجم البحص: $V_G = 2.8 * 1.8 (0.6 * 2/3) = 2 m^3$

كتلة البحص: $m_G = m_{CG} - m_G = 5.86 - 3 = 2.86 t$

الوزن الحجمي الردمي للبحص $= \gamma_{0G} = m_G / V_G$

$$\gamma_{0G} = 2860/2 = 1430 kg/m^3$$

نسبة الفراغات في البحص = $P = \left(1 - \frac{\gamma_{0G}}{\gamma_G}\right)100$

$$P = \left(1 - \frac{1430}{2700}\right)100 = 47\%$$

المسألة رقم 11:

عينة اسطوانية من الحجر الطبيعي بقطر d = 5cm وارتفاع h = 5cm ووزنها في الهواء $m_1 = 245\,gr$.

بعد تشربها بالماء لفترة كافية ازداد وزنها إلى $m_2 = 294gr$

يطلب حساب الوزن الحجمي للمادة والتشرب الحاصل وزناً وحجماً.

الحل: حجم العينة الاسطوانية = $V = \Pi r^2 h = 3.14 * (2.5)^2 * 5$

$$V = 98.125\,cm^3$$

الوزن الحجمي للمادة: $\gamma_0 = 245 / 98.125 = 2.496\,gr / cm^3$

الرطوبة وزناً: $W_{gr} = \frac{249 - 245}{245} = 1.635\%$

الرطوبة حجماً = $W_V = \gamma_0 * W_g = 2.496 * 1.635$

$$W_V = 4.08\%$$

المسألة رقم 12:

مادة لها وزن حجمي في الهواء $\gamma_{01} = 1400\,kg / m^3$ في الحالة الجافة، ولكن رطوبتها الطبيعية تشكل 3% من حجمها، وتم تحديد ذلك بتجربة التجفيف. تعرضت المادة لعملية تشرب بالماء تحت الضغط فارتفع الوزن الحجمي ليصبح $\gamma_{02} = 1700\,kg / m^3$. احسب المسامية المفتوحة للمادة.

الحل: إن كمية الماء الموجودة في $1m^3$ هي ($1000dm^3$) بالنسبة للمادة في الحالة الجافة الهوائية (الطبيعية) ولهذه المسألة كون النسبة 3% يكون $0.03 * 1000 = 30\,dm^3$ وهذا يساوي 30kg.

ومن هنا فإن وزن $1m^3$ من المادة ذات الوزن الحجمي $1400 kg/m^3$ هو $1400 - 30 = 1370$ kg.

يكون حجم الماء الممتص تحت الضغط $1700 - 1370 = 330 kg$ أو $330 dm^3$

وبما أن التشرب والامتصاص تم تحت الضغط فإن حجم المسامات المفتوحة يجب أن يساوي حجم الماء الممتص أي $330 dm^3$

فتكون المسامية المفتوحة $330/1000 = 0.33 = 33\%$

المسألة رقم 13:

مكبس هيدروليكي مجهز بثلاث مراحل للتحميل هي مرحلة 50t ومرحلة 150t ومرحلة 300t وهذه هي حمولاته العظمى لكل مرحلة. فإذا أردنا اختبار مكعب بيتوني ضلعه $a = 20$ cm والبيتون مصمم بماركة $400 kg/cm^2$ وقد تصلب أكثر من 28 يوماً. ففي أية مرحلة للتحميل يجب تشغيل المكبس؟

الحل: لماركة البيتون 400 تكون القوة الكاسرة $P = F . S$.

حيث: F مقاومة المكعب على الضغط kg/cm^2

S مساحة مقطع المكعب المتعرض للضغط

$$P = 400 * 20 * 20 = 160000 kg = 160 t$$

ولهذا يجب تشغيل المكبس على المرحلة الثالثة أي مرحلة 300t.

المسألة رقم 14:

جائز بيتوني صغير طوله $L = 100 cm$ ومقطعه مربع $15 \times 15 cm$ يراد اختباره على الشد بالانعطاف بتحضير مسندين وتركيز قوة مركزة بالوسط فإذا علمت أن إجهاد الشد بالانعطاف المتوقع $\sigma = 80 kg/cm^2$ ما هي طاقة المكبس الهيدروليكي اللازم لكسر الجائز؟

الحل: من علاقة الشد بالانعطاف: $\sigma = \dfrac{3PL}{2bh^2}$ (الجدول 6)

وبالتعويض: $P = \dfrac{80 * 2 * 15 * 15^2}{3 \cdot 100}$ الحمولة الكاسرة

$$P = 1800\,kg$$

إذاً لاختبار هذا الجائز للشد بالانعطاف يكفي استخدام مكبس بقوة 2 طن فقط.

المسألة رقم 15:

احسب كم مرة يزداد ارتفاع جدار من الحجر الطبيعي ذي الوزن الحجمي $\gamma_0 = 2000\,kg/m^3$

إذا ما تم تبديل مادة البناء:

آ – بالآجر $\gamma_{01} = 1700\,kg/m^3$

ب – بالبيتون المسامي $\gamma_{02} = 1300\,kg/m^3$

ج – بالبيتون الخفيف $\gamma_{03} = 1000\,kg/m^3$

وذلك إذا كانت كمية الضغط σ عند قاعدة الجدار لمادة الحجر 5kg/cm² وللآجر 10kg/cm² ولأنواع البيتون المذكورة 50kg/cm² عند سماكة ثابتة للجدار تساوي 0.64m.

جميع الحسابات تجرى فقط للوزن الذاتـــي للجدار.

الحل: للحساب نأخذ شريحة من الجدار بطول 1m وسماكة 0.64m وهكذا تكون الحمولة على قاعدة الشريحة من الوزن الذاتـــي لها $P = 1 * 0.64 * h * \gamma_0$

حيث: h ارتفاع الجدار مقدراً بالمتر m.

γ_0 الوزن الحجمي للمادة التـــي تتكون منها الشريحة

ومن شروط المتانة: $P = S \cdot \sigma = 1 * 0.64\sigma$

وبحل هاتين المعادلتين معاً نحصل على:

$$h = \frac{\sigma}{\gamma_0}$$

- للحجر الطبيعي $h = \frac{5 * 100 * 100}{2000} = 25m$

- للآجر $h = \frac{10 * 100 * 100}{1700} = 58.8\,m$

أي يزداد الارتفاع 2.3 مرة

- وللبيتون الخفيف $h = \frac{50*100*100}{100} = 500\,m$

أي يتضاعف 20 مرة

ملاحظة: هذه الحسابات افتراضية لأن الجدران المرتفعة تحتاج لحساب في حالة الانقلاب والانهيار و لم يؤخذ أيضاً في الحل احتياطي المقاومة.

كما أن المعامل $\frac{\sigma}{\gamma_0}$ هو معامل النوعية الإنشائية

المسألة رقم 16:

احسب معامل التجانس K_T للبيتون ماركة 400 الذي جرت معالجته بالأوتكلاف (الحرارة والبخار) للحصول على متانة مبكرة مسموحة قيمتها 65% من الماركة التصميمية الحسابية، حيث تمت مراقبة الجودة من خلال اختبار عينات حقيقية من هذا البيتون المنتج حيث كانت النتائج قيم المقاومات $\left(F_1, F_2, F_3 ..... F_n \cdot kg/cm^2\right)$ على مدى شهر كامل وطبيعة العمل بورديتين يومياً وتم أخذ عينة من كل وردية. ونتائج الاختبار للعينات النظامية ترد في الجدول (5).

الجدول (5): نتائج اختبار العينات النظامية على الضغط كغ/سم²

220	250	200	300	240	270	240	250	280	320
210	240	190	290	250	260	240	220	270	310
230	260	220	320	260	280	230	250	260	330
200	230	200	280	240	250	250	240	230	300
240	270	240	320	270	290	260	250	300	340

الحل: يحسب المتوسط الحسابـي لقيم نتائج (n = 50) عينة كافة، ولكل قيمة من قيم مقاومة البيتون على حدة من العلاقة:

$$\overline{F} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 ... F_n}{n} = \frac{220 + 250 + ... + 340}{50}$$

$$\overline{F} = 257\,kg/cm^2$$

وأما الانحراف المعياري لنتائج اختبار مقاومات البيتون للعينات باستخدام القيمة المتوسطة للمقاومة $\bar{F}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(F-\bar{F})^2}{n}} = \sqrt{\frac{(220-257)^2+(210-257)^2+...(340-257)^2}{50}} = 35\, kg/cm^3$$

مؤشر التغير c

$$C = \frac{\sigma}{\bar{F}} \cdot 100\% = \frac{35}{257} \cdot 100 = 13.65\%$$

أو $C = 0.1365$

معامل التجانس $K_T = \frac{Fmin}{Fnor}$

حيث: F_{nor} المقاومة المطلوبة للبيتون

$Fmin$ أصغر قيمة حسابية مفترضة للمقاومة

علماً أن: $Fmin = g\bar{F}$

حيث: g معامل يتم تحديده وفقاً لقيمة C

فمثلاً $C \le 12\%$ تكون قيمة $g = 1-3C$

وعند $C > 12\%$ تؤخذ قيمة g من منحنـــي قيم g المتعلقة بمؤشر التغير C ومنحنـــي التماثل مع وجود منحنـــي غاوس (المرجع 1) ورمزه £– قيمة تجانس المنحنـــي. الشكل (1)

$$\pounds = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sum_{1}^{n}(F-\bar{F})^3}{n\sigma^3} = 0.3505$$

وعند قيم $\pounds > 0$ يكون تجانس البيتون ضئيلاً بحيث لا يتم حساب K_T

$$\pounds/C = \frac{0.3505}{0.1365} = 2.10$$

وبالعودة إلى المنحنـــي المذكور أعلاه (المرجع 1) ولقيمة $\pounds/C = 2.10$ و $C = 0.1365$

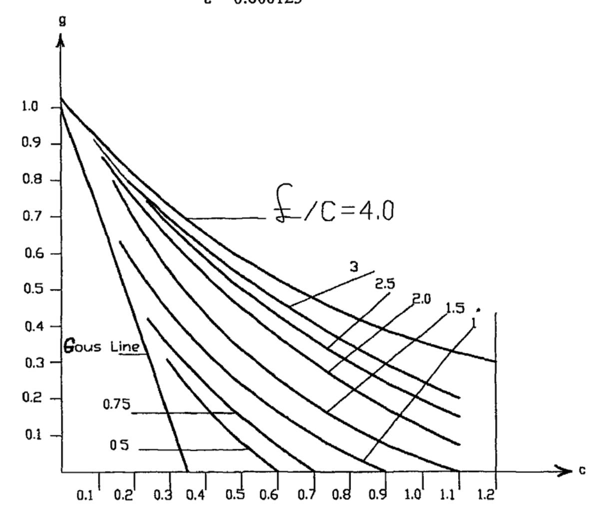
$g = 0.75$ و $Fmin = 257 * 0.75 = 192\, kg/cm^2$

$$K_T = \frac{192}{400 * 0.65} = 0.738$$

قيمة KT تجاوزت القيم المسموحة المساوية لـــ 0.6 حسب النورم الروسي

قيم المعامل g وفقاً لـــ مؤشر التغيّر C ومنحنـــي التجانس £.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{250}{0.000125} = 2*10^6 kg/cm^2$$



الشكل (1): قيم المعامل g وفقاً لمؤشر التغير C ومنحنـــي التجانس £

المسألة رقم 17:

عرضنا قضيباً فولاذياً بطول L = 100mm مساحة مقطعه $S = 200 mm^2$ للشد في جهاز شد الفولاذ فكانت الاستطالة الكلية $\Delta L = 0.0125 mm$ عند حمولة $P = 500 kg$

احسب الاستطالة النسبية ε وقيمة الإجهاد σ عند الحمولة المذكورة ومعامل مرونة الفولاذ E.

الحل:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.0125}{100} = 0.000125$$

$$\sigma = \frac{P}{S} = \frac{500}{200} = 2.5\,kg/mm^2 = 250\,kg/cm^2$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{250}{0.000125} = 2*10^6 kg/cm^2$$

المسألة رقم 18:

احسب قطر القضيب الفولاذي ذي الطول L = 1.2m والذي يتلقى حمولة P = 4t واحسب الاستطالة الكلية للعينة إذا علمت أن الإجهاد المسموح بالشد $\sigma = 1600\,kg/cm^2$ ومعامل المرونة $E = 2\cdot10^6\,kg/cm^2$

الحل: مساحة المقطع المطلوب $S = \frac{P}{\sigma} = \frac{4000}{1600} = 2.5cm^2$

الاستطالة الكلية للعينة = $\Delta L = \frac{PL}{ES} = \frac{4000*120}{2*10^6*2.5}$

$$\Delta L = 0.096\,cm$$

مسائل غير محلولة ـ الكثافة والمسامية

مسألة 1:

احسب قطر صومعة الاسمنت أي (السيلو) الاسطواني المخصص لحفظ 100 t من الإسمنت إذا علمت أن ارتفاعه 10 m والوزن الحجمي للإسمنت $1300\,kg/m^3$ ومعامل الامتلاء للصومعة 0.9.

مسألة 2:

احسب عدد الصوامع الأسطوانية اللازمة لحفظ 1500 t من الإسمنت إذا كان ارتفاع الصومعة الواحدة 10m وقطرها 6m والوزن الحجمي للإسمنت $1300\,kg/m^3$ ومعامل الامتلاء 0.9.

مسألة 3:

ما هي كمية البيتون المسلح اللازمة لإنشاء صومعة لحفظ 600 t من الإسمنت إذا كان

إنشاؤها سيتم على دفعات كل دفعة هي حلقة من البيتون المسلح بقطر داخلي 6m وارتفاع 1m وسماكة 12cm الوزن الحجمي للبيتون المسلح $2500kg/m^3$ – الوزن الحجمي للإسمنت ومعامل الامتلاء كما في التمرين السابق.

مسألة 4:

احسب طول مستودع الرمل اللازم لحفظ 12000t من الرمل ذي الوزن الحجمي $1550kg/m^3$، زاوية الميل الطبيعي للرمل $30°$ والارتفاع المسموح لكومة الرمل 5 m.

مسألة 5:

مخزن الإسمنت في مجبل بيتونـــي مركزي مؤلف من 9 صوامع بارتفاع 10m وقطر الصوامع الداخلي 6 m، ومعامل الامتلاء لهذه الصوامع 0.9.

فإذا علمت أن المجبل يعمل على مدار الساعة وينتج باليوم (24 ساعة) كمية من البيتون المجبول تساوي $500m^3$ ومصروف الإسمنت لكل $1m^3$ من الخلطة يساوي $312kg/m^3$ والوزن الحجمي للإسمنت $1300kg/m^3$.

فكم يوماً يمكن للمجبل أن يعمل ليستهلك كامل المخزون من الإسمنت في الصوامع.

مسألة 6:

احسب مصروف البحص لـــ $1m^3$ من البيتون إذا علمت أن مستودعات المجبل المركزي المهيئة لـــ 7 أيام عمل تحتوي على $1800m^3$ من البحص والإنتاج اليومي للمجبل يساوي $300m^3$ من البيتون المجبول ومعامل ضياع البحص عند النقل 1.02 والوزن الحجمي للبحص $1450kg/m^3$.

مسألة 7:

ما هو مقدار التغير في الحجم لكمية 50t من الرمل بوزن حجمي ردمي $1400kg/m^3$ إذا علمت أن وزنه الحجمي الردمي أصبح يساوي $1600kg/m^3$ عند نسبة رطوبة 7 %.

مسألة 8:

إذا علمت أن الرمل عند ترطيبه بنسبة 2 % يزداد حجمه بنسبة 20% وعند ترطيبه بنسبة

20% ينقص حجمه بمقدار 5% مقارنة مع الرمل الجاف، فإذا كان الوزن الحجمي للرمل الجاف $1500kg/m^3$. احسب وزنه الحجمي عند رطوبة 2 % وكذلك عند رطوبة 20 %.

مسألة 9:

باستخدام البيكنومتر لحساب الوزن النوعي للرمل الكوارتزي بعد طحنه وتحضيره تم أخذ كتلة من الرمل بوزن 15.5gr وكان وزن البيكنومتر دون ماء ودون عينة 25.5 gr ووزنه مع الماء 75.5 gr ووزنه مع الماء والعينة 83.3 gr. احسب الوزن النوعي للرمل.

مسألة 10:

ما هو وزن عينة ذات شكل غير هندسي إذا كان الوزن الحجمي لمادة العينة $2400kg/m^3$ وإذا كان وزن العينة قد نقص بمقدار 45.5gr عند وزنه داخل الماء، ولبرفنة العينة استخدمت كمية من البرافين بوزن 1.5 gr وكثافة البارافين $0.93gr/cm^3$.

مسألة 11:

بلاطة من البيتون المسلح مسبقة الصنع تستند إلى مسندين طولها 5.8m وعرضها 1.6m وسماكتها 22 cm تحتوي على فراغات أسطوانية على كامل طولها عدد الفراغات 6 وقطر كل واحد منها 16.5cm فإذا كان الوزن الحجمي للبيتون المسلح $2500kg/m^3$.

احسب حصة المسند الواحد من الحمولة.

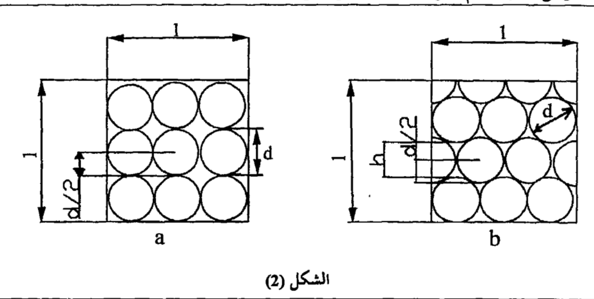
مسألة 12:

إذا علمت أن الوزن النوعي لنوع من أنواع البيتون يساوي $2.4gr/cm^3$ فما هو حجم الفراغات الذي يجب أن نخلقه في هذا البيتون لكي ينخفض وزنه الحجمي من $2200kg/m^3$ إلى $600kg/m^3$.

مسألة 13:

احسب حجم الفراغات بين الكرات ذات القطر الواحد والتي تملأ وحدة الحجم في صفوف الشكل (2-a) وكذلك بتوزع شطرنجي الشكل (2-b).

وهل يتغير حجم الفراغات تبعاً لقطر الكرات؟



الشكل (2)

مسألة 14:

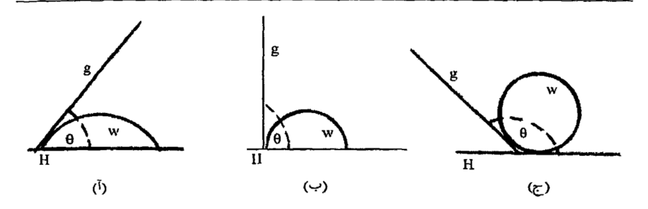
احسب حجم البحص الذي سيتم نقله في عربة قطار شحن حمولتها 60 t إذا علمت أن الوزن الحجمي للبحص $1420kg/m^3$.

مسألة 15:

ما هو الوزن الحجمي للبحص الذي تم ملء قسطل للقياس بعينة منه إذا علمت أن قطر القسطل 185 mm وارتفاعه 186.5 mm حيث كان وزن هذه العينة داخل القسطل يساوي 7.75kg.

1.2 الخواص الهيدروفيزيائية

تنتسب للخواص الهيدروفيزيائية كافة الخواص التي تميز علاقة المواد بالماء. ويتم تحديد قابلية التبلل بالماء كماً للمواد بحساب تجيب (cos) الزاوية المحلية المتشكلة بين المماس على سطح حبة الماء وبين سطح المادة الصلبة. انظر الشكل التالي:



الشكل يبين الزوايا المحلية (المكانية) لتبلل المادة بالماء

آ – $\theta < 90°$ حادثة تبلل المادة.

ب – $\theta = 90°$ حادثة انتقالية متوسطة.

ج – $\theta > 90°$ حادثة عدم التبلل بالماء.

وتمثل w – (المنطقة) الطور السائل (المتبلل).

H – (المنطقة) الطور الصلب.

g – (المنطقة) الطور الغازي.

حيث يمكن القول هنا أن تجيب الزاوية الحادة θ يأخذ قيماً:

$\cos \theta < 1$ وذلك للمواد القابلة للتبلل بالماء وتسمى عندها هذه المواد مواداً قابلة للتبلل بالماء (تمتص الماء وتحتفظ به).

وعندما يكون $-1 < \cos \theta < 0$ والزاوية منفرجة (غير حادة) وتميز المواد غير القابلة للتبلل بالماء (لا تمتص الماء وغالباً لا تمرره).

ويعرف امتصاص الماء بأنه: قابلية المادة لامتصاص الماء عند وقوعها بتماس مباشر معه ويتوضع الماء في المواد ذات المسامات الشعرية في مسامات هذه المواد.

وللمواد الكتيمة التي لا تبتل بالماء يمكن أن يحدث امتصاص بسيط عكسي الاتجاه نتيجة انتشار الماء عند توفره بشكل غزير.

وللمواد التي لا تحتوي على مسامات شعرية مطلقاً يمكن أن يحدث الامتصاص بإدخال الماء إلى المسامات غير الشعرية بالضغط أو بالطرق غير المباشرة.

ويتم حساب كمية أو حجم الماء الممتص بحساب نسبة الرطوبة الممتصة منسوبة إلى الحجم أو الوزن الجاف لعينة المادة قبل الترطيب.

وهنا يمكن تعريف امتصاص الماء حجماً بأنه يساوي إلى حجم المسامات المفتوحة في المادة والتـــي يمكن أن تمتلئ بالماء وتسمى **المسامية الظاهرية**.

وتسمى نسبة كمية الماء الممتص إلى حجم المادة **بمعامل الإشباع**.

وتسمى المادة كتيمة مانعة للماء عندما لا تسمح هذه المادة بمرور الماء المضغوط عبرها.

وتقسم طرق اختبار كتامة المادة لتمرير الماء إلى ثلاث طرق:

الأولى: بقياس الضغط الهيدروليكي للماء الذي تتعرض له عينة المادة خلال زمن محدد دون ظهور أي دلائل على الفلترة (تمرير الماء).

الثانية: بحساب الزمن اللازم لمرور كمية محددة من الماء عبر المادة تحت ضغط محدد وثابت.

الثالثة: بحساب كمية الماء المارة عبر عينة المادة خلال وقت محدد تحت ضغط محدد.

مسائل محلولة:

المسألة رقم 19:

إذا علمت أن كتلة عينة المادة في الحالة الجافة $m = 90.9kg$ وعند ترطيبها لنسبة أولية معينة أصبحت كتلتها $m_1 = 100kg$.

فما هي كتلة هذه العينة من المادة عند رطوبة $W = 20\%$

الحل: أولاً الرطوبة الأولية للمادة:

$$W = \frac{m_1 - m}{m}100 = \frac{100 - 90.9}{90.9}100 = 10\%$$

إن كتلة المادة m_W عند رطوبة $W = 20\%$ نحسبها من العلاقة:

$$m_W = \frac{20 * 90.9 + 100 * 90.9}{100} = 109.08\,kg$$

المسألة رقم 20:

تتغير الرطوبة الممتصة من الوسط المحيط للبيتون الخفيف بتغير الرطوبة النسبية للهواء.

فإذا كان الوزن الحجمي للبيتون الخفيف الجاف $\gamma_{0d} = 500 kg/m^3$ ورطوبة الامتصاص حجماً تشكل على التوالي عند رطوبة نسبية للهواء 40 % تشكل $W_0 = 1.4\%$ وعند رطوبة نسبية للهواء 80 % تشكل $W_1 = 2.9\%$ وعند رطوبة نسبية للهواء 100% تشكل 9.4 %.

فاحسب الوزن الحجمي للبيتون عند كل قيمة للرطوبة النسبية المذكورة للهواء.

الحل: للتحويل من رطوبة المادة حجماً (W_0) إلى رطوبتها وزناً (W_m) تستخدم العلاقة:

$$W_m = \frac{1000\, W_0}{\gamma_{0d}}$$

وهكذا فعند رطوبة نسبية للهواء 40 %

$$W_m = \frac{1000 * 1.4}{500} = 2.8\%$$

وعند رطوبة نسبية للهواء 80 %

$$W_m = \frac{1000 * 2.9}{500} = 5.8\%$$

وعند رطوبة 100 %

$$W_m = \frac{1000 * 9.4}{500} = 18.8\%$$

وتكون قيم الوزن الحجمي عند نسب الرطوبة المذكورة.

عند 40 % رطوبة:

$$\gamma_{0W} = \gamma_{0d} + \frac{\gamma_0 * W_m}{100} = 500 + \frac{500}{100} * 2.8 = 514\, kg/m^3$$

وعند 80 % رطوبة:

$$\gamma_{0W} = 500 + \frac{500}{100} * 5.8 = 529 kg/m^3$$

وعند 100 % رطوبة:

$$\gamma_{0W} = 500 + \frac{500}{100} * 18.8 = 594\, kg/m^3$$

المسألة رقم 21:

إذا علمت أن الخشب عند رطوبة $W = 20\%$ له وزن حجمي يساوي $\gamma_{0W} = 670 kg/m^3$ وعند إشباعه بالماء تحت الضغط ترتفع قيمة الوزن الحجمي إلى $\gamma_{0W} = 1300 kg/m^3$.

فاحسب المسامية المفتوحة للخشب.

الحل: إن كتلة متر مكعب واحد (1) من الخشب الجاف تماماً تساوي:

$$\gamma_0 = \gamma_{0W} - \frac{\gamma_{0W} * W}{100} = 670 - \frac{670 * 20}{100} = 536 kg$$

كمية الماء الممتص:

$$m_W = \gamma_{0W} - \gamma_0 = 1300 - 536 = 764 kg$$

أو حجماً: $W_V = 0.764 m^3$

إن حجم الماء الممتص تحت الضغط هو نفس حجم المسامية المفتوحة في الخشب.

فتكون المسامية المفتوحة للخشب =

$$P = w_V * 100 = 0.764 * 100 = 76\%$$

المسألة رقم 22:

إذا علمت أن امتصاص البيتون للرطوبة وزناً $W_n = 4.2\%$ وحجماً $W_0 = 9.5\%$ والوزن النوعي للبيتون $\gamma = 2.7 kg/m^3$.

احسب المسامية الكلية.

الحل:

الوزن الحجمي للبيتون γ_0 يساوي = $\frac{\text{الماء الممتص حجماً}}{\text{الماء الممتص وزناً}}$ ⇐

$$\gamma_0 = \frac{W_0}{W_m} = \frac{9.5}{4.2} = 2.26 gr/cm^3$$

أو: $\gamma_0 = 2260 kg/m^3$

المسامية الكلية للبيتون: $P=\frac{\gamma-\gamma_0}{\gamma}=\frac{2700-2260}{2700}*100=16.2\%$

المسألة رقم 23: إذا علمت أن كتلة العينة الحجرية ذات الوزن النوعي المساوي $\gamma=2.5\,gr/cm^3$ في الحالة الجافة $m = 100gr$ وبعد التعرض للترطيب وامتصاص الماء أصبحت الكتلة $m_N = 110gr$ ونسبة الامتصاص حجماً $W_0=20\%$.

احسب مسامية الحجر.

الحل: الامتصاص وزناً W_m

$$W_m=\frac{m_N-m}{m}100=\frac{110-100}{100}=10\%$$

الوزن الحجمي للحجر $\gamma_0=\frac{W_0}{W_m}=\frac{20}{10}=2$

والرقم 2 يوافق $\gamma_0=2\,gr/cm^3$ أو $\gamma_0=2000kg/m^3$

مسامية الحجر $P=\left(1-\frac{\gamma_0}{\gamma}\right)100=\left(1-\frac{2}{2.5}\right)*100$

$$P=20\%$$

المسألة رقم 24:

احسب معامل امتلاء المسامات لعينة آجرية بأبعاد $250\times120\times65mm$ ووزن نوعي $\gamma=2.6gr/cm^3$ ووزن جاف $m=3.5kg$ إذا علمت أن وزن العينة قد أصبح $m_w=4kg$ بعد الاحتفاظ بها داخل الماء.

الحل: إن معامل الامتلاء K_N يساوي نسبة الماء الممتص حجماً إلى مسامية المادة.

- امتصاص الماء وزناً W_m: $W_m=\frac{m_W-m}{m}100=\frac{4-3.5}{3.5}*100=14.3\%$
- حجم العينة: $V=25*12*6.5=1950cm^3$
- الوزن الحجمي لعينة الآجر: $\gamma_0=\frac{m}{V}=\frac{3500}{1950}=1.8\,gr/cm^3$

أو $1800\,kg/m^3$

- امتصاص الماء حجماً = $W_V = W_m * \gamma_0 = 14.3 * 1.8$

$W_V = 25.7\%$

- المسامية الكاملة للآجر = $P = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right)100$

$P = \left(1 - \frac{1.8}{2.6}\right)100 = 30.8\%$

- معامل الامتلاء = $K_N = \frac{W_V}{P}$

المسألة رقم 25:

قسطل مصنوع من مواد سيراميكية بقطر خارجي $D_0 = 460\text{mm}$ وقطر داخلي $D_D = 400\text{mm}$ وطول $L = 800\text{mm}$ موضوع في جهاز الضغط الهيدروليكي بضغط $P = 0.3\text{MPa}$ وخلال 24 ساعة مرّ من خلال جدار القسطل $V_W = 37\text{cm}^3$ من الماء.

احسب معامل الفلترة (مرور الماء عبر الجدار).

الحل: - السطح الداخلي للقسطل:

$$S = \Pi D_D L = 3.14 * 40 * 80 = 10000\text{cm}^2$$

- سماكة القسطل δ:

$$\delta = \frac{D_0 - D_D}{2} = \frac{460 - 400}{2} = 30\text{mm}$$

$$\delta = 3\text{cm}$$

- معامل الفلترة (تمرير الماء):

$$K_F = \frac{V_W \delta}{S t P} = \frac{37 * 3}{1.10^4 * 24 * 3.10^3} = 1.54 \cdot 10^{-5}\text{m/h}$$ أو $= 1.54 \cdot 10^{-7}\text{cm/h}$

ساعة $t = 24h$ ، واحدة معامل الفلترة متر/ساعة.

ملاحظة: عند احتساب معامل الفلترة فإن وحدة الضغط الهيدروليكي P تعتمد متراً لعمود الماء أي 30MPa ميغا باسكال تعنـــي 30 متراً عمود الماء.

المسألة رقم 26:

إذا علمت أن مقاومة الضغط للحجر الكلسي في الحالة الجافة $F_C = 9.5\,MPa$ ومعامل التطرية له $K_R = 0.65$ فاحسب مقاومة الحجر الكلسي في حالة إشباعه بالماء.

الحل: مقاومة الحجر الكلسي في حالة إشباعه بالماء R_W

$$R_W = K_R\,F_C = 0.65 * 9.5 = 6.18\,MPa$$

المسألة رقم 27:

يشكل بخار الماء في الوسط المحيط ضغطاً داخل الأبنية وخارجها فإذا كان فرق الضغط لبخار الماء على جدران أحد الأبنية يساوي $\Delta P = 50\,Pa$ فاحسب معامل مرور بخار الماء عبر الجدار المذكور بمساحة كلية $S = 30\,m^2$ وسماكة $\delta = 51\,cm$ حيث تمر خلال زمن $t = 24$ ساعة عبر هذا الجدار كمية $m_p = 54\,gr$ من بخار الماء.

الحل: معامل مرور البخار يحسب من العلاقة:

$$M = \frac{m_P \cdot \delta}{S \cdot t\Delta P} = \frac{54 * 0.51}{30 * 24 * 50} = 7.65 \cdot 10^{-4}\,gr/(m \cdot h \cdot pa)$$

الواحدة غ/ (متر. ساعة. باسكال).

مسائل غير محلولة - الخواص الهيدروفيزيائية (الجواب معطى آخر الكتاب)

مسألة 16:

احسب الوزن الحجمي في الحالة الجافة وفي الحالة الرطبة لجدار خارجي مسبق الصنع من البيتون الحاوي على حصويات شهبا إذا علمت أن وزن الجدار 4.5 t ونسبة الرطوبة 13% وأبعاده $3.6 \times 2.9 \times 0.4\,m$

مسألة 17:

إذا علمت أن التركيب الجاف لكتلة سيراميك هو: غضار 15 %، كاولين 35 %، كوارتز 25 %، الفيلدسبار 25 %.

فاحسب كمية المواد وكمية الماء اللازمة للحصول على كمية 100 kg من السيراميك برطوبة 22%.

مسألة 18:

لنفس شروط التمرين رقم 17 احسب كمية المواد وكمية الماء إذا علمت أن المواد الداخلة تحتوي على رطوبة نسبتها: للغضار 18%، للكاولين 16%، للكوارتز 0.5%، للفيلدسبار 1%.

مسألة 19:

تم إخضاع قطعة قرميد من السيراميك حجمها $1.4dm^3$ ووزنها 2.4kg للتجفيف بشكل كامل.

وعند الاحتفاظ بها داخل الماء وتشربها كان وزنها 2.67kg فإذا علمت أن الوزن النوعي للسيراميك $2.65gr/cm^3$.

مسألة 20:

ما هو وزن قطعة من الخشب في الحالة الطبيعية أي بنسبة رطوبة $W = \%20$ ، وما هو وزن هذه القطعة الخشبية في حالة إشباعها بالماء $W = \%120$ إذا علمت أن وزنها عند رطوبة 8% يساوي 18 kg.

مسألة 21:

تم إنشاء ثلاث قنوات للري الأولى من البيتون المصبوب بالقالب في المكان، والثانية من البيتون المسلح المسبق الصب، والثالثة من البيتون الإسفلتـــي. فإذا علمت أن معامل (الفلترة) تمرير المياه كان للأولى 4×10^{-6} وللثانية 1.2×10^{-6} وللثالثة $1\times10^{-6}cm/s$، فما هي كمية الماء المتشربة من خلال سطح $100m^2$ خلال 30 يوماً من كل قناة إذا كانت سماكة المادة 10cm وضغط الماء في القناة بمعدل عامود ماء بارتفاع 2m.

مسألة 22:

لدينا قسطل من البيتون المسلح بطول 5000mm وسماكة 50mm وقطر داخلي 200mm وضغط 0.5MPa (أي القسطل غير مربوط على محطة ضخ أو مضخة) وقد تسرب من

القسطل خلال يوم 40 gr من الماء.

فإذا علمت أن معامل الفلترة يجب أن لا يزيد عن 7×10^{-9} cm/sec فهل يحقق القسطل المذكور الاشتراطات المطلوبة من حيث تسريب الماء.

مسألة 23:

يتعرض عمود من الآجر يحمل شرفة لمرور الماء من حوله فإذا علمت أن حصته من الحمولة 400 KN ومقطعه 51 × 51cm وحد المتانة على الضغط للآجر لا يقل عن 15 MPa والمقاومة التصميمية الحسابية لا تسمح بحمولة تزيد عن 10 % من حد المتانة على الضغط على كل سنتيمتر مربع واحد من الآجر.

فهل يتحمل هذا العمود الحمولة المعطاة إذا كان معامل التطرية للآجر 0.81.

مسألة 24:

نفذت جدران أحد الأبنية من البيتون الغازي فكان الوزن الحجمي لهذا البيتون في الجدار الأول $600kg/m^3$ والثاني $700kg/m^3$ والثالث والرابع $800kg/m^3$ ومساحة كل جدار $50m^2$ والسماكة 25cm.

فإذا علمت أن فرق ضغط بخار الماء بين داخل البناء وخارجه 39Pa وقيمة معامل تمرير البخار لمادة الجدران هي على التوالي للأول ذي الوزن الحجمي 600 يُساوي 1.4×10^{-3} غ/م.سا. باسكال وللثاني ذي الوزن الحجمي للبيتون 700 تساوي 1.24×10^{-3} غ/م.ساعة.باسكال وللثالث والرابع ذوي وزن حجمي للبيتون $800kg/m^3$ تساوي $1.12\times10^{-3}\,gr/m\cdot h\cdot Pa$.

فاحسب كمية البخار التي تمر من كل جدار خلال يوم (24 ساعة).

مسألة 25:

في نفس شروط المسألة السابقة رقم (24) احسب السماكة اللازمة لكل جدار الأول بوزن حجمي للبيتون الغازي 600 والثاني بوزن حجمي للبيتون الغازي فيه 700 والثالث

والرابع بوزن حجمي للبيتون الغازي فيهما $800\,kg/m^3$ وذلك لتمر من خلالها كمية من البخار لا تزيد عن 150gr في اليوم (24 ساعة).

مسألة 26:

إذا علمت أن فرق ضغط بخار الماء على جدار من البيتون المسبق الصنع يساوي 39Pa ويمر من خلال الجدار خلال يوم كمية بخارتساوي 45 gr.

فاحسب معامل تمرير البخار إذا كانت أبعاد الجدار هي $5\times3\times0.15\,m$.

1.3 الخواص الفيزيوحرارية للمواد

مسائل محلولة

المسألة رقم 28:

عينة مكعبية من مادة صلبة طول ضلعها $a = 10cm$ كتلتها في الهواء جافة $m = 2.2kg$.

احسب ناقلية هذه المادة للحرارة وابحث في إمكانية تصنيفها بدلالة الوزن الحجمي والناقلية الحرارية.

الحل: لحساب الناقلية الحرارية بدلالة الوزن الحجمي يمكن استخدام العلاقة (علاقة نكراساف) (المرجع 2):

$$\lambda = 1.16\sqrt{0.0196 + 0.22\gamma_0^2} - 0.16$$

حيث: γ_0 الوزن الحجمي للمادة gr/cm^3

الوزن الحجمي للمادة المعطاة $\gamma_0 = m/a^3 = 2200/1000 = 2.2\,gr/cm^3$

ومن هنا الناقلية الحرارية

$$\gamma = 1.16 * \sqrt{0.0196 + 0.22 * (2.2)^2} - 0.16 =$$

$$= 1.048\,wt/(m\cdot c^\circ) \quad \frac{\text{حرة}}{\text{مدرجة.سا}}$$

وبالعودة إلى النورمات والكودات بدلالة الوزن الحجمي والناقلية يتبين أن هذه المادة تشبه

البيتون الثقيل.

(راجع الجدول رقم 3.1 الكتاب النظري.

المسألة رقم 29:

دارة (فيلا) في منطقة جبلية مرتفعة شديدة البرودة شتاءً أقيمت الجدران فيها من البلوك القرميدي للعزل الحراري.

وتبين أنه من خلال جدار بمساحة $S = 25.5 m^2$ من البلوك القرميدي يمر خلال يوم $(\tau = 24h)$ كمية من الحرارة $Q = 76000kj$ (كيلو جول). فإذا كانت سماكة الجدار $\delta = 51cm$ ودرجة حرارة الجدار من الجهة الدافئة $t_1 = 15C°$ ومن الجهة الباردة الافتراضية $t_2 = -12C°$.

فاحسب الناقلية الحرارية لجدار البلوك القرميد إنتاج مدينة حمص.

الحل: لحساب الناقلية الحرارية تستخدم العلاقة:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{S(t_1 - t_2)\tau} = \frac{76000 * 0.51}{25.5 * 27 * 24} = 2.346 kj / m \cdot h \cdot C° \quad \text{(المرجع 2)}$$

$$\frac{\text{كيلو جول}}{\text{م.سا.درجة}} \quad \text{أو} \quad 0.65 \ wt / m.C° \ \frac{\text{حرة}}{\text{م.درجة}}$$

المسألة رقم 30:

إذا علمت أن الوزن الحجمي لمادة الفايبر $\gamma_0 = 500 kg / m^3$ في الحالة الجافة وعند درجة الحرارة $t = 25C°$ الناقلية الحرارية للفايبر تساوي $\lambda = 0.1 wt / m.C°$، أوجد القيمة الحسابية للناقلية الحرارية:

(1) عند درجة حرارة $t = 0C°$

(2) عند درجة حرارة $t = 25C°$ ورطوبة $W = 20\%$

الحل: لحساب الناقلية الحرارية عند درجة حرارة صفر $0°$ نستخدم العلاقة:

$$\lambda = \lambda_0 (1 + 0.0025t)$$

حيث: λ_0 الناقلية الحرارية عند درجة الحرارة $0°$ مئوية.

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_t}{(1+0.0025t)} = \frac{0.1}{1+0.0025*25} = 0.094 \quad \frac{\text{حرّة}}{\text{م.درجة}}$$

ولحساب تأثير الرطوبة على الناقلية الحرارية يمكن استخدام العلاقة المبسطة:

$$\lambda_W = \lambda + \Delta\lambda_{W_0}$$

حيث: λ_W الناقلية الحرارية للمادة في الحالة الرطبة.

$\Delta\lambda$ تحوّل الناقلية الحرارية (ازديادها) عند ازدياد الرطوبة مقدار 1% حجماً والتـــي تساوي للمواد غير العضوية 0.0023 لدرجات الحرارة الموجبة، وللسالبة تساوي 0.0046 وللمواد العضوية لدرجات الحرارة الموجبة 0.0035 والسالبة 0.0046

W_0 الرطوبة حجماً.

ومنه رطوبة الفايبر حجماً $W_0 = W\gamma_0 = 20*0.5 =$

$= 10\%$

الناقلية الحرارية للفايبر $\lambda_W = 0.1 + 0.0035*10$

$$= 0.13 \frac{\text{حرّة}}{\text{م.درجة}}$$

المسألة رقم 31:

جدار من البيتون الخلوي مساحته $S = 20m^2$ وسماكته $\varepsilon = 25cm$ والوزن الحجمي للبيتون الخلوي $\gamma_0 = 600kg/m^3$ وجدار آخر من الخشب له نفس الوزن الحجمي والأبعاد.

ما هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجدار البيتونـــي من $t_2 = 10C°$ إلى $t_1 = 30C°$ وكذلك للجدار الخشبـــي إذا علمت أن عامل السعة الحرارية للبيتون الخلوي $C_b = 0.838 \frac{\text{ك جول}}{\text{كغ.درجة}}$ وللخشب $C_P = 1.9kj/kg.C°$

الحل: كمية الحرارة $= Q = C * m\,(t_1 - t_2)$

حيث: m كتلة المادة المراد تسخينها.

إن كتلة الجدار البيتونـــي وكذلك الجدار الخشبـــي متساوية وتساوي:

$$m = S\delta\gamma_0 = 20*0.25*600 = 3000kg$$

كمية الحرارة اللازمة لتسخين البيتون الخلوي:

$$Q_b = 0.838 * 3000 * 20 = 50280\,kj$$

وللجدار الخشبي: $Q_P = 1.9 * 3000 * 20 = 114000\,kj$

المسألة رقم 32:

ما هي كمية الحرارة (كيلو جول) اللازمة للتسخين من $t_2 = 15C°$ إلى $t_1 = 95C°$ وذلك لجدار من البيتون الغازي أبعاده $3.1 \times 2.7 \times 0.3\,m$ والوزن الحجمي للبيتون الغازي $\gamma_0 = 850\,kg/m^3$ والرطوبة الحجمية $W_0 = 20\%$ وذلك إذا علمت أن عامل السعة الحرارية للبيتون الغازي في الحالة الجافة $C_d = 0.92\,kj/kg.C°$

الحل: رطوبة البيتون الغازي بالوزن:

$$W = W_0 / \gamma_0 = 20/0.85 = 23.5\%$$

السعة الحرارية للبيتون الغازي في الحالة الرطبة

$$C_W = C_d + 0.042\,W = 0.92 + 0.042 * 0.235 =$$

$$C_W = 1.9\,kj/kg.C°$$

حجم الجدار من البيتون الغازي $U_b = 3.1 * 2.7 * 0.3 = 2.5\,m^3$

كتلة الجدار من البيتون الغازي $m_b = U_b * \gamma_0 = 2.5 * 850 =$

$$= 2125\,kg$$

كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجدار $Q = C_W\, m_b\,(t_1 - t_2) =$

$$Q = 1.9 * 2125(95 - 15) = 323000\,kj$$

المسألة رقم 33:

ما هي سرعة انتشار الحرارة في البيتون الخلوي والخشب وكلاهما بوزن حجمي $\gamma_0 = 600\,kg/m^3$

إذا علمت أن معامل ناقلية الحرارة للبيتون الخلوي $\lambda_b = 0.5 \frac{\text{حرة}}{\text{م.درجة}}$

وللخشب $\lambda_P = 0.15\,Wt/m.C°$

وعامل السعة الحرارية للبيتون الخلوي $C_b = 0.838 kj/kg.C°$

وعامل السعة الحرارية للخشب $C_P = 1.9 \frac{\text{كيلو جول}}{\text{كغ.درجة}}$

الحل: إن سرعة انتشار الحرارة (تمرير الحرارة) للبيتون الخلوي $= \alpha_b = \lambda_b / (C_b \gamma_0) =$

$$= \frac{0.5 * 3.6}{0.838 * 600} = 0.0036 m^2/h$$

وللخشب $= \alpha_P = \lambda_P / (C_P \gamma_0) =$

$$= \frac{0.25 * 3.6}{1.9 * 600} = 0.000789 \text{ m2/h}$$

المسألة رقم 34:

إذا كان الطول البدائي لقضبان فولاذية تحتوي على نسب مختلفة من النيكل Ni متساوياً عند درجة حرارة $t_1 = 20 C°$ ويساوي $L_0 = 500 mm$.

وإذا علمت أن معامل التمدد الطولي للفولاذ $\alpha_t = 11.5 \times 10^{-6}$ عند نسبة Ni تساوي 20% وهذا المعامل يساوي $\alpha_t = 5.04 \times 10^{-6}$ عند نسبة Ni تساوي 30.4 % ويساوي هذا المعامل $\alpha_t = 0.9 \times 10^{-6}$ والوحدة $grad^{-1}$ عند نسبة النيكل تساوي 36.1 %.

فما هي أطوال العينات الفولاذية عند درجة حرارة $t_2 = 300 C°$

الحل: يمكن حساب الطول الجديد للعينات L_1 باستخدام علاقة معامل التمدد الخطي الحراري

$$\alpha_t = \frac{L_1 - L_0}{L_0 (t_2 - t_1)} \Rightarrow L_1 = \alpha_t L_0 (t_2 - t_1) + L_0$$

$$L_1 = \alpha_t L_0 (t_2 - t_1) + L_0$$

وللعينات الفولاذية بنسبة $Ni = 20$

$$L_1 = (11.5 * 5 * 28) * 10^{-3} + 500 = 501.61 mm$$

وللعينات الفولاذية بنسبة $Ni = 30.4\%$

$$L_1 = (5.04 * 5 * 28) * 10^{-3} + 500 = 500.7 mm$$

وللعينات الفولاذية بنسبة نيكل 36.1%

$$L_1 = (0.9 * 5 * 28) * 10^{-3} + 500 = 500.13\,mm$$

مسائل غير محلولة - الخواص الفيزيوحرارية

مسألة 27:

باستخدام علاقة نكراسوف: (المرجع 1)

احسب الناقلية الحرارية لبعض المواد الطبيعية:

- الغرانيت ذو الوزن الحجمي $\gamma_0 = 2500\,kg/m^3$
- الحجر الرملي $\gamma_0 = 1800\,kg/m^3$
- الحجر الكلسي $\gamma_0 = 1100\,kg/m^3$
- التورب $\gamma_0 = 800\,kg/m^3$

مسألة 28:

احسب كم مرة تزداد سرعة انتشار الحرارة في جدران البيتون الثقيل أبعاده $3 \times 2 \times 0.6m$ وكتلته $8.3t$ ورطوبته 5% وذلك بالمقارنة مع جدار من البيتون الخفيف لحصويات شهباء أبعاده $4 \times 2 \times 0.4m$ كتلته $4t$ ورطوبته 8%، إذا علمت أن ناقلية الحرارة للبيتون الثقيل في الحالة الجافة تساوي $1.2\,wt/m.C^\circ$ والسعة الحرارية له $1.1\,kj/kg.C^\circ$ والناقلية الحرارية للبيتون الخفيف في الحالة الجافة $0.45\,wt/m.C^\circ$ والسعة الحرارية له $0.85\,kj/kg.C^\circ$

مسألة 29:

إذا علمت أن التركيب الكيميائي لزجاج النوافذ العادي هو %: $SiO_2 - 73$
$Na_2O - 13;\ CaO - 8;\ MgO - 4;\ Al_2O_3 - 1;\ K_2O - 1;$ وكثافته $2.5gr/cm^3$

فإذا استخدمت قاعدة جمع الناقلية الحرارية لعناصره المكونة له مع القيم المعطاة كما يلي بحساب الناقلية الحرارية للزجاج.

$C\times10^2$	$\lambda\times10^3$	الأوكسيد
0.8	8.72	SiO_2
0.79	11.63	CaO
1.02	13.37	MgO
0.87	10.7	Al_2O_3
1.12	12.8	Na_2O
0.78	5.8	K_2O

المطلوب احسب (التمرير الحراري) سرعة انتشار الحرارة مع ملاحظة أن قيمة λ معطاة بـ $wt/m.C^o$ وقيمة C (السعة الحرارية النوعية) معطاة بـ $j/gr{\cdot}C^o$; $\frac{\text{جول}}{\text{غ.درجة}}$

مسألة 30:

احسب النسبة المئوية للاستطالة (الاستطالة النسبية) لقضيب طوله البدائي 50cm وقد تم تسخينه من درجة $20C^o$ إلى درجة $100C^o$

- في حالة كون هذا القضيب من الزجاج العادي ومعامل التمدد الخطي $(\alpha_t\times10^7)=95$.
- في حالة كون هذا القضيب مصنوعاً من الزجاج الكوارتزي ذي معامل التمدد الخطي $(\alpha_t\times10^7)=5.6$.
- في حالة كان هذا القضيب مصنوعاً من الفولاذ ذي معامل التمدد الخطي $(\alpha_t\times10^7)=117$
- وفي حالة كان هذا القضيب مصنوعاً من الألمنيوم ذي معامل التمدد الخطي $(\alpha_t\times10^7)=235grad^{-1}$

1.4 خواص فيزيائية وهندسية عامة

مسائل محلولة:

المسألة رقم 35:

مصروف المواد لـ $1m^3$ من الخلطة البيتونية الإسمنت $C=300kg$; الرمل $S=600kg$; البحص $G=1200kg$; الماء $W=150L$.

احسب معامل السعة الحرارية النوعية C_b للخلطة البيتونية إذا علمت أن معامل السعة الحرارية للمواد المكونة للخلطة: إسمنت + رمل + بحص بالتساوي ويساوي افتراضاً $0.2\,k\,cal/kg.grad$ أو $0.2\frac{\text{كيلو كالوري}}{\text{كغ-درجة}}$

الحل: يمكن استنتاج العلاقة اللازمة من التفكير بالمنطق التالي: إنه إذا تم تسخين كافة المواد المكونة للخلطة البيتونية بواقع درجة مئوية واحدة من $0°$ إلى $1°$ فإن درجة حرارة الخلطة البيتونية بعد الخلط والتحريك (دون حساب الضياع في الحرارة) ستكون أيضاً بزيادة درجة واحدة.

وهنا يمكن القول أن احتياطي الحرارة في الخلطة البيتونية يساوي إلى مجموع الاحتياطي في مكونات هذه الخلطة وهكذا:

$$\gamma_{0b} * C_b * 1 = C * C_C * 1 + S * C_S * 1 + G * C_G * 1 + W * C_W * 1$$

حيث: γ_{0b} الوزن الحجمي للخلطة البيتونية kg/m^3.

- $C_G = C_S = C_C = 0.2\frac{\text{ك. كالوري}}{\text{كغ.درجة}}$ وهو على التوالي السعة الحرارية النوعية لكل من الاسمنت والرمل والبحص

- C_W السعة الحرارية النوعية للماء وتساوي $C_W = 1\frac{k\ calory}{kg.grad}$

ومنه السعة الحرارية النوعية للخلطة البيتونية:

$$C_b = \frac{0.2(C+S+G)+W}{\gamma_{0b}}$$ وبالتعويض ⇐

$$C_b = 0.253\,k.calory/kg.grad$$

المسألة رقم 36:

في إحدى صالات الإنتاج الصناعي كانت قيمة حد الضجيج $L = 80 diseBL$ وفي غرفة المراقبة يسمح بحد ضجيج قيمته $L_P = 20\,diseBL$ حيث يفصل بين الصالة وغرفة المراقبة جدار أبعاده $2.7 \times 5\,m$

- ما هي القيمة الوسطية لعزل الصوت (R_{SR}) التـــي يجب أن تتمتع بها مادة الجدار؟
- وما هي سماكة الجدار عندما يكون الجدار من البيتون الثقيل؟
- وما هي سماكته عندما يكون من البيتون الخفيف بحصويات شهبا؟
- وما هي سماكته عندما يكون من الطابوق القرميدي؟

وكيف تتغير خاصية عزل الصوت لهذا الجدار بتغير الوزن الحجمي للمادة المكونة له، إذا علمت أن الوزن الحجمي للمواد هي على التوالي $2400 kg/m^3$؛ $1200 kg/m^3$؛ $1700 kg/m^3$؟

الحل: القيمة الوسطية لعزل الصوت تحسب من العلاقة:

$$R_{SR} = L - L_P + 10 \lg \frac{F}{A} \text{ diseBL}$$

حيث: L_P الحد السموح للضجيج في المكان المعزول مقدرة بالديسيبل

F مساحة السطح العازل للضجيج في المكان المعزول m^2

A الكمية الكاملة للضجيج والتـــي يمتصها المكان المعزول m^2

من الجداول الخاصة نأخذ: $L_P = 20 \text{ diseBL} \Rightarrow A = 4 m^2$

وعندها:

$$R_{SR} = 80 - 20 + 10 \lg \frac{2.7 * 5}{4} = 65.28 \text{ diseBL}$$

بالنسبة للجدران بوزن أكبر من 2000kg للمتر المربع الواحد ترتبط القيمة الوسطية لعزل الضجيج بوزن المتر المربع الواحد للجدار ويرمز له بـــ G وتحسب بالعلاقة:

$$R_{SR} = 14.5 * \lg G + 15$$

ونلاحظ أنه لقيمة $R_{SR} = 65.28 \text{ diseBL}$

يكون $G = 588 kg/m^2$

وبالعودة إلى الأوزان الحجمية يجب أن تكون سماكة الجدران كالتالي:

- للبيتون الثقيل ذي الوزن الحجمي $2400 kg/m^3$

سماكة الجدار $a =$

$$a = \frac{G}{\gamma_{0b}} = \frac{588}{2400} = 24.5\,cm$$

– للبيتون الخفيف بحصويات شهبا ذي الوزن الحجمي $1200kg/m^3$

سماكة الجدار a

$$a = 588/1200 = 49cm$$

– للطابوق القرميدي ذي الوزن الحجمي $1700kg/m^3$

سماكة الجدار a

$$a = 588/1700 = 34.7cm$$

المسألة رقم 37:

ما هي سماكة الورقة الإسمنتية (الطينة) اللازمة لجدار مزدوج منفذ من طبقتين من البلوك الاسمنتـــي بينهما فراغ مملوء بالرمل إذا علمت أن نفاذية الهواء للطينة الإسمنتية كما هي لجدار من الطابوق القرميدي سماكته 51 cm ويمكن حذف قيمة نفاذية الهواء بالنسبة لجدار البلوك الإسمنتـــي وعدم إدخالها في الحسابات. المسألة تسمح ببعض الافتراضات وهدفها استبدال الطابوق القرميدي جيد العزل بالبلوك الاسمنتـــي مع الطينة المتوفرة بشكل أكبر وسهولة تنفيذه.

الحل: إن كمية الهواء الذي ينفذ من خلال سماكة معينة يحسب بالعلاقة:

$$V = M\frac{F(P_1 - P_2)Z}{a} \qquad m^3$$

حيث: M معامل نفاذية الهواء دم^3/ م.سا.مم – عمود الماء

F مساحة الجدار m^2

P_1-P_2 ضغط الهواء من الجهتين المتعاكستين لسطح الجدار ويقدر بالمم. عمود الماء

a سماكة الجدار m

Z زمن التجربة ساعة

وبما أن حجم الهواء الذي يمر من طبقة الطينة (الورقة الإسمنتية) هو نفس حجم الهواء الذي يمر من جدار الطابوق القرميدي كما جاء في شروط المسألة لذا يمكن الحساب كما

يلي:

$$M_1 \frac{F_1(P_1 - P_2)}{a_1} = M_2 \frac{F_1(P_1 - P_2)}{a_2}$$

ونستخدم الرموز مع الكود 2 للورقة الإسمنتية (الطينة)

ونستخدم الرموز مع الكود 1 لجدار البلوك القرميدي

فإذا اعتبرنا أن معامل نفاذية الهواء للطينة $M_2 = 0.04$ ومعامل نفاذية الهواء للطابوق القرميدي $M_1 = 0.35$ وبحل المعادلة بالنسبة إلى a_2 نحصل على:

$$a_2 = a_1 \frac{M_2}{M_1} = 0.51 * \frac{0.04}{0.35} = 0.06\,m$$

سماكة الطينة (الورقة الإسمنتية) a_2

$$a_2 = 6cm$$

المسألة رقم 38:

احسب درجة ضياع الإشعاع γ بطاقة مقدارها 2.5MEV خلال مرور هذا الإشعاع من جدار من الرصاص، وخلال مرور نفس الإشعاع بنفس الطاقة من البيتون الثقيل، ومروره من طبقة حماية من التربة، ومروره من جدار من الخشب إذا كانت سماكة الجدران المذكورة متساوية وتساوي 0.15m. علماً أن الوزن الحجمي لهذه المواد على التوالي للرصاص بغرض التصفيح $7.85t/m^3$ للبيتون الثقيل $2.3t/m^3$ وللتربة $1.65t/m^3$ وللخشب $0.68gr/cm^3$.

الحل: إن ضياع (تضاؤل) الإشعاع يتم بدرجات تبعاً لسماكة وطبيعة المادة التـــي يمر منها ويمكن حساب درجة الضياع للإشعاع γ إمّا بواسطة المنحنـــي في هذه المسألة (الشكل رقم 3) أو بواسطة العلاقة التالية:

$$n = 2^{\frac{x}{d}}$$

حيث: x سماكة المادة cm

d هو السماكة اللازمة من المادة لإضعاف الإشعاع وإضاعته (تضاؤله) بمقدار النصف وهي تساوي لإشعاع γ بطاقة 2.5MEV:

$$d = \frac{23}{\gamma_0} \cdot cm$$

حيث: γ_0 الوزن الحجمي للمادة المستخدمة لامتصاص الإشعاع gr/cm^3 ومنه السماكة d لدرع الرصاص:

MEV هي ميغا واط كهربائي، أي وحدة تساوي مليون واط كهربائي.

$$d = \frac{23}{7.85} = 2.84\,cm$$

والسماكة d التـــي تؤمن ضياع الإشعاع بمقدار النصف إذا كانت المادة من البيتون الثقيل:

d = 10cm للبيتون الثقيل

والسماكة d التـــي تؤمن ضياع (تضاؤل) الإشعاع بمقدار النصف إذا كانت مادة الحماية من التربة:

$$a = 14cm$$

وإذا كانت المادة من الخشب فإن السماكة d اللازمة لضياع (تضاؤل) الإشعاع بمقدار النصف.

$$d = 35cm$$

ومنه فإن درجة ضياع (تضاؤل) الإشعاع لسماكة $15cm$

- للتصفيح (الرصاص): $n = 2^{\frac{15}{2.84}} = 38.4$
- للبيتون الثقيل: $n = 2.82$
- لطبقة التربة: $n = 2.1$
- لطبقة الخشب: $n = 1.345$

a لإشعاع γ بطاقة 2.5MEV (الشكل 3)

b لإشعاع γ بطاقة 1.2MEV

حيث: MEV هي ميغا واط كهربائي – أي وحدة تساوي مليون واط كهربائي

المسألة رقم 39:

تم تغطية ملجأ واقٍ من الإشعاع بطبقة من التربة بسماكة 1.2m وكان مقدار الإشعاع المسلط على الملجأ من الخارج – $D_{ou} = 13000\,R\,(rengent)$

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للتربة المستخدمة هي: $\gamma_0 = 1.7 gr/cm^3$ فاحسب مقدار الإشعاع γ داخل الملجأ D_{DO}–.

R– وحدة قياس الإشعاع.

الحل: إن قيمة d– السماكة اللازمة من المادة (التربة) لإضعاف (تضاؤل) الإشعاع بمقدار النصف ولهذا النوع من التربة هي:

$$d = \frac{23}{1.7} = 13.5\,cm \Rightarrow n = 2^{\frac{120}{13.5}} = 461$$

ومنه فإن مقدار الإشعاع D_{DO} داخل الملجأ:

$$D_{DO} = \frac{D_{Ou}}{n} = \frac{13000}{461} = 28.3\,R\,(rengent)$$

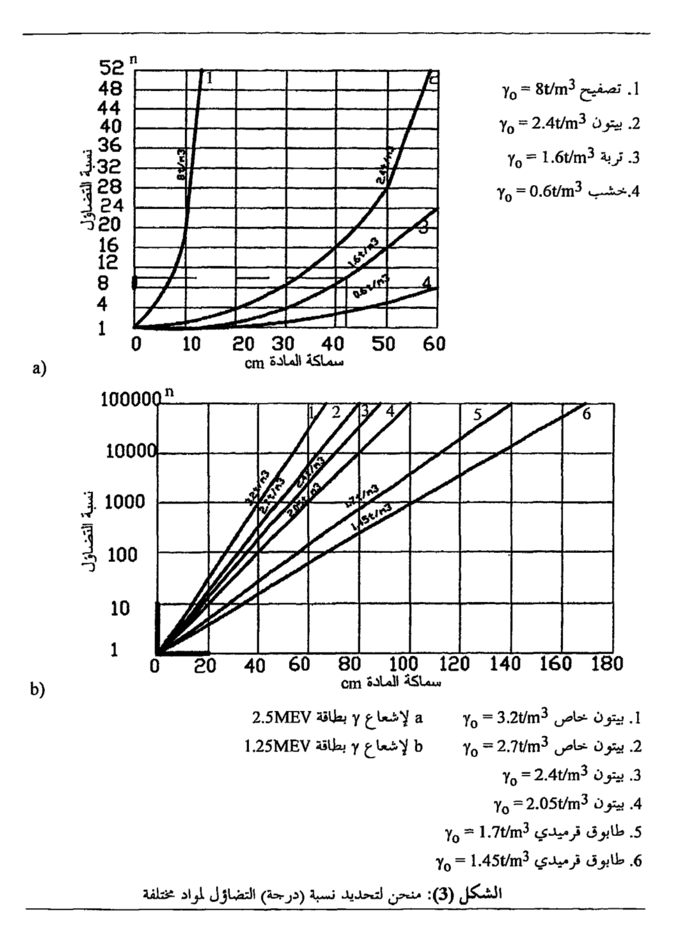
المسألة رقم 40:

إذا علمت أن مقدار الإشعاع على طرف ملجأ يساوي $1.2*10^4\,R(rengent)$

فاحسب من أية مادة (البيتون الثقيل، الخشب، التربة) يجب تنفيذ هذا الملجأ وبأقل سماكة X للجدران والسقف والتـــي يجب أن تؤمن مقدار γ من الإشعاع يساوي (رينغن) 50 R.

الحل: إن درجة الضياع (التضاؤل) المطلوبة n تساوي

$$n = \frac{D_{OU}}{D_{DO}} = \frac{12000}{50} = 240$$



الشكل (3): منحن لتحديد نسبة (درجة) التضاؤل لمواد مختلفة

ومنه فإن أقل سماكة تؤمن المحافظة على درجة الإشعاع داخل الملجأ كما ورد أعلاه SOR تساوي:

- للبيتون الثقيل $X = 3.3\,d\lg n = 3.3 * 10 * \lg 240 = 78.8cm$

- للتربة:

$$X = 3.3d\lg n = 3.3 * 14 * \lg 240 = 110\,cm$$

للخشب فإنه وبالعودة إلى المسألة السابقة حيث d للخشب تساوي *35cm* وبالتعويض فإن أقل سماكة تؤمن المطلوب هي:

$$X = 3.3 * 35 * \lg 240 = 275\,cm$$

إذن تكون المادة المناسبة بأقل سماكة هي مادة البيتون الثقيل

المسألة رقم 41:

تم تنفيذ ملجأ ضد الإشعاع بجدران وسقف من البيتون الثقيل بسماكة 1m وتم إكساء هذه الجدران والسقف بطبقة من التربة بسماكة 1.2m.

احسب نسبة التضاؤل (الضياع) للأشعة γ بشكل كامل للطبقتين معاً.

الحل: إذا أردنا حساب نسبة التضاؤل الكلية n لعدة مواد نسبة التضاؤل للمادة الأولى n_1 وللمادة الثانية n_2 ..... وهكذا فإن نسب التضاؤل الكلية $n = n_1 * n_2 ..... n_n$

ومنه فإن:

n_1 للتربة: $n_1 = 2^{\frac{120}{14}} = 373$

وn_2 للبيتون: $n_2 = 2^{\frac{100}{10}} = 1024$

ومثلما طبقنا قيمة d من المسائل السابقة فتكون نسبة التضاؤل الكلية n-

$$n = n_1 * n_2 = 373 * 1024 = 381952$$

المسألة رقم 42:

احسب العمق h الذي يمكن أن تصل إليه قذيفة مدفع إذا أصابت سطحاً من البيتون الثقيل، إذا كانت ماركة البيتون المستخدم 500 ووزن القذيفة $m = 40kg$ وعيار القذيفة (قطرها الداخلي) 0.2 m وسرعة هذه القذيفة عند ارتطامها بالبيتون

$.V = 800 m/sec$

مع العلم أن المعامل الذي يأخذ بالحسبان شكل رأس القذيفة $\lambda = 0.85$ وطبعاً ماركة البيتون 500 تعنـــي أن هذا البيتون له مقاومة على الضغط بعمر 28 يوماً تزيد عن $500 kg/cm^2$ وهذا يسمح باستخدام معامل لمقاومة هذا البيتون للاختراق ويساوي K قيمته تتراوح من $1.3 .10^{-6}$

إلى $1.8 .10^{-6}$ وتؤخذ القيم الكبرى لهذا المعامل عند القيم الأكبر للماركات ويمكن أن نعتمدها هنا $1.7 .10^{-6}$.

الحل: عمق اختراق القذيفة للبيتون h

$$h = K\frac{m}{d^2}V\lambda = 1.7 * 10^{-6} * \frac{40}{0.2^2} * 800 * 0.85 = 115.5\,cm$$

المسألة رقم 43:

عند انفجار قذيفة قرب حاجز بيتونـــي تشكلت حفرة ناتجة عن الانفجار. احسب عمق هذه الحفرة h إذا كان وزن المادة المتفجرة في القذيفة $G = 43kg$ وكانت المسافة بين مركز الشحنة الناسفة والسطح البيتونـــي $L = 0.3m$ ومعامل مقاومة البيتون للانفجارات يتراوح بين 0.1 و 0.18.

ونعتمده هنا $K = 0.15$

الحل: إن عمق الحفرة التـــي تتشكل نتيجة الانفجار h

$$h = K\sqrt[3]{G} - L$$

$$h = 0.15\sqrt[3]{43} - 0.3 = 0.225\,m$$

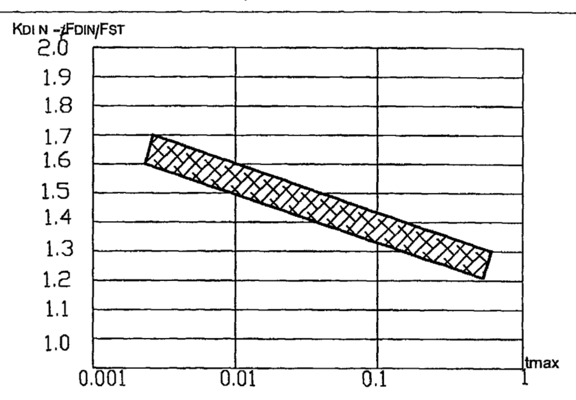
المسألة رقم 44:

ما هو عمق انفلاق البيتون h ذي الماركة 500 بعد تعرضه لانفجار قذيفة محملة بشحنة ناسفة وزنها $G = 43kg$ وكانت المسافة بين مركز الشحنة وجدار الحماية البيتونـــي 0.3m. إذا علمت أن معامل مقاومة البيتون للانفلاق K تتراوح قيمته بين 0.33 و0.48 وقيمة هذا المعامل كبيرة للبيتون بمقاومات صغيرة والعكس صحيح.

الحل:

$$h = K\sqrt[3]{G} - L$$

$$h = 0.35\sqrt[3]{43} - 0.3 = 0.83\,m$$



الشكل (4): يبين علاقة مقاومة البوليمير والبلاستيك الإنشائي بزمن التحميل (المرجع 6)

المسألة رقم 45:

عرّضنا عينات من البوليمير بيتون للاختبار الديناميكي فإذا علمت أن المقاومة الستاتيكية لهذا البيتون على الضغط تساوي $F_{st} = 600 kg/cm^2$.

وكانت المدة اللازمة لانهيار العينة تحت اختبار الضغط الديناميكي في التجربة الأولى 0.1 ثانية وفي التجربة الثانية 0.01 ثانية. احسب في أي تجربة منهما كانت المقاومة الديناميكية أكبر ومقدار هذه الزيادة.

الحل: هناك علاقة بين المقاومة الديناميكية F_{din} والمقاومة الستاتيكية F_{st} وهي:

$$K_{din} = \frac{Fdin}{F_{st}}$$

حيث: K_{din} معامل المتانة الديناميكي والذي يحدد من منحنـــي علاقة مقاومات البوليمير

(الإنشائي) بزمن التحميل الشكل (4).

ومن الشكل (4) نجد أنه لزمن التحميل 0.1 ثانية فإن قيمة K معامل المتانة الديناميكي $Kdin = 1.38$

- ولزمن التحميل $t = 0.01$ ثانية فإن قيمة K_{din} تساوي $K_{din} = 1.56$ وذلك بأخذ القيمة الوسطية من المنطقة المظللة.

- ومنه من أجل $t = 0.1sec$ ثانية يكون $F_{din} = 1.38 * 600 = 828 kg/cm^2$

ومن أجل $t = 0.01sec$ يكون $F_{din}=1.56*600=936\ kg/cm^2$

ومن الواضح أن قيمة المقاومة الديناميكية في الاختبار الثانـــي أكبر بزيادة $108kg/cm^2$.

وبالمقارنة مع المقاومة الستاتيكية فإنه من الواضح أن المقاومة الديناميكيَة أكبر في الاختبار الأول بـــ $228kg/cm^2$ وفي الاختبار الثانـــي أكبر بـــ $336kg/cm^2$.

المسألة رقم 46:

منشأة من البيتون تعرضت لمدة 0.3 ثانية لتأثير موجة ضاربة ناتجة عن انفجار نووي حيث أحدثت هذه الموجة في المنشأة إجهاداً قدره $\sigma_{din} = 310 kg/cm^2$

هل ينهار هذا المنشأ إذا علمت أن المقاومة الستاتيكية للبيتون في هذه المنشآة تساوي $F_{st} = 300 kg/cm^2$

الحل: إن علاقة مقاومة البيتون بزمن التأثير للحمولة معطى بالعلاقة:

$$F_{din} = F_{st}(1.6 - 0.15 \lg t) \quad \text{(المرجع 1)}$$

حيث: t زمن تأثير الحمولة الديناميكية M sec وحرف M يعنـــي أنه يجب ضرب الزمن برقم 100 لتحقيق لوغارتمية العلاقة ومن هذه المعادلة:

$$F_{st} = \frac{310}{1.6 - 0.15 \lg(0.3 * 100)} = 252 kg/cm^3$$

وهذه القيمة كما هو واضح أقلّ من المقاومة الستاتيكية المعطاة لبيتون المنشأة ولذلك فأن هذه المنشأة لا تنهار.

المسألة رقم 47:

تتعرض منشأة بيتونية لدفق حراري $q = 300 caL/cm^2.sec$ بزمن مقداره 20 sec. ما هو مقدار انهيار البيتون؟

الحل: إن حجم المادة المنهارة بتأثير التدفق الحراري يحسب من خلال حساب عمق هذا الانهيار h الذي تحدثه الحرارة في المادة.

$$h = K_g * q * t$$ (المرجع 3)

حيث: k_g معامل يتم استخدامه في حساب حجم المادة المنهارة بتائير دفعة واحدة (تيار) من الحرارة وهذا المعامل يساوي للبيتون الثقيل $k_g = 0.0006$ وللبيتون المقاوم للحرارة $k_g = 0.0006\ cm^3/cal$

q كمية التيار الحراري $caL/cm^2.sec$

t زمن تأثير التيار الحراري – sec – ثانية.

$$h = 0.0006 * 300 * 20 = 3.6cm$$

المسألة رقم 48:

احسب وقارن بين معاملات النوعية الإنشائية للزجاج البلاستيكي المسلح، الصوف الزجاجي، الخشب المعاكس (خشب مكون من طبقات)، الفولاذ. وذلك إذا كانت قيم الوزن الحجمي وحد المرونة لهذه المواد هي:

اسم المادة	الوزن الحجمي kg/m^3	حد المرونة بالشد (kg/cm^2)
الزجاج البلاستيكي المسلح	1900	9500
الصوف الزجاجي المقوى	1430	2800
الخشب المعاكس	1050	1100
الفولاذ St-3	7850	4150

الحل: إن معامل المتانة النوعية أو (النوعية الإنشائية) K يساوي نسبة حد المقاومة F

للمادة إلى الوزن الحجمي لها.

أي: $K = \frac{F}{\gamma_0}$

وكلما كانت قيمة K أكبر كانت المادة أكثر فاعلية وأنسب للاستخدام أي أن العناصر من هذه المادة ستكون أكثر رشاقة وأخف وزناً.

وللزجاج البلاستيكي المسلح: $K = \frac{9500}{1900} = 5$

وللفولاذ St-3 $K = \frac{4150}{7850} = 0.468$

وبات من الواضح أن العنصر المصنوع من الزجاج البلاستيكي المسلح هو أقل وزناً من العنصر الإنشائي المصنوع من الفولاذ St-3: بمقدار $5 \div 0.468 = 10.7$

1.5 خواص المتانة

المتانة: هي تمتع المادة بمقاومة الإجهادات الداخلية الناشئة عن تأثير القوى الخارجية عليها.

ويتم قياس المتانة من خلال حساب حد المقاومة الذي يمثل الإجهاد الأعظمي الذي تنهار عنده عينة المادة.

وعادة ما يتم حساب حد المتانة على الضغط وعلى الشد والانعطاف لمواد البناء، تجريبياً من خلال تحضير عينات مكعبية أو أسطوانية أو موشورية ذات أبعاد تتحدد حسب المادة المختبرة.

حيث يتم التجريب على مكابس هيدروليكية بحساب الوسط الحسابي لثلاث عينات من المادة المختبرة.

ويمكن تحديد المتانة للمواد بطرق أخرى لا تعتمد كسر العينات حيث يتم حساب المتانة من خلال تشابه الخواص الفيزيوميكانيكية للمواد كالقساوة واللدونة وانتشار الأمواج وترددالها وتخامدها في جسم المادة:

يمكن بواسطة المكابس الهيدروليكية اختبار حد المقاومة على الضغط لعينات مختلفة من المواد بدقة 0.1MPa ولكن ولاختلاف شكل وأبعاد العينات لابد من تصحيح قيم المقاومات

بعد الاختبار بضربها بمعامل تصحيح (انظر الكود العربي). وعليه يمكن اختبار عينات مكعبية مثلا بطول ضلع mm: 70 ;100 ;150 ;200 ;300.

ولاختبار حد المقاومة للانعطاف يجب استخدام عينات موشورية من المادة (بيتون رملي – مونة – قرميد – خشب) حيث توضع العينة على مسندين بطولها وهناك قوة مركزة (حمولة) تطبق في منتصف طول العينة، ويتم حساب حد المقاومة للانعطاف بالعلاقة:

$$F = \frac{3PL}{2bh^2}$$

حيث: L المسافة بين المسندين وهي تساوي L = 100mm للعينات الموشورية 40*40*160 mm المحضرة من خلطات من الاسمنت أو الجص أو الكلس أو البوليمير وتساوي L = 200 mm لعينات القرميد وتساوي L = 240 mm لعينات الخشب.

b.h أبعاد مقطع العينة.

ولاختبار العينات الموشورية من البيتون والخشب على الانعطاف يتم تطبيق قوتين مركزتين بعد كل منهما عن المسند يساوي L*(1/3) وتستخدم عندها العلاقة:

$$F = \frac{PL}{bh^2}$$

حيث: L تساوي L = 300 mm للمواشير 100*100*400 mm وتساوي L = 450 mm للمواشير 150*150*600 mm وتساوي L = 600mm للمواشير 200*200*800 mm.

أما القساوة (الصلادة) فتعرف بأنها قابلية المادة لمقاومة التشوه أو الانهيار تحت تأثير القوى المؤثرة عليها في جزء منها وتقاس برقم الصلابة (الصلادة) ويتعلق ذلك بطريقة الاختبار ومنها طريقة برينيل التي تعتمد تطبيق حمولة ضغط معروفة على كرة فولاذية لإدخالها في المادة المختبرة وإيجاد العلاقة بين هذه الحمولة وسطح الأثر الذي تتركه الكرة الفولاذية في جسم المادة المختبرة.

وطريقة روكفل التـــي تعتمد ضغط مخروط من الألماس (أو كرة فولاذية) في جسم المادة وقياس عمق الأثر الذي يتركه.

وهناك طريقة فيكرس التـــي تتلخص بضغط هرم من الألماس في سطح العينة المختبرة

ومن ثم قياس قطر الأثر المتبقي.

والعلاقة المستخدمة لقياس القساوة:

$$HB = \frac{2F}{\pi * D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

حيث: D قطر الكرة الفولاذية.

d قطر الأثر الذي تتركه الكرة في جسم العينة المختبرة.

F الحمولة المطبقة لغرس الكرة.

ويعرف **الاهتراء** بأنه: قابلية المادة للنقصان من كتلتها وحجمها تحت تأثير قوى الاهتراء.

وفي تجارب الاهتراء يستخدم قرص الاهتراء لعينات (البيتون - البلاط - اللينوليوم - الزجاج الممزوج - السيراميك ... إلخ). وتستخدم أسطوانة الاهتراء (جهاز لوس أنجلوس) لاختبار الاهتراء للحصويات وغيرها.

ويحسب الاهتراء u بالعلاقة:

$$u = \frac{m - m_1}{S}$$

حيث: m كتلة العينة قبل الاختبار.

m_1 كتلة العينة بعد الاختبار.

S مساحة السطح المعرض للاهتراء cm^2.

حيث يؤخذ وسطي النتائج لثلاث عينات أو خمس عينات لاختبارات بلاطات السيراميك.

أما **متانة (مقاومة) الصدم** هي: قدرة المادة على مقاومة تأثير سريع خلال زمن قصير لحمولة مطبقة بطريقة الصدم.

وتتميز متانة الصدم بالعمل الذي تحمله الصدمة والذي يؤدي إلى انهيار العينة منسوباً إلى وحدة الحجم أو منسوباً لمساحة المقطع وتحسب بالعلاقة:

$$F = A/S$$

حيث: A العمل الذي يسبب انهيار العينة مقدراً بالجول.

S مساحة مقطع العينة مقدراً mm^2.

ولقياس متانة (مقاومة) الصدم يستخدم نواس الصدم الذي يؤمن عملاً فيزيائياً مناسباً لاختبار الصدم يساوي العمل المؤدي للانهيار A والمساوي بدوره إلى الفرق بين احتياط الطاقة لنواس الصدم قبل الصدمة A_1 وبين احتياط الطاقة المتبقي A_2 بعد الصدمة المطبقة على العينة:

$$A = A_1 - A_2 = P\,(H - h)$$

حيث: P وزن نواس الصدم.

H الارتفاع الأولي قبل الصدم مقدراً بالمتر.

h الارتفاع النهائي للنواس بعد الصدم مقدراً بالمتر.

مسائل محلولة

المسألة رقم 49:

احسب حد المتانة على الضغط لعينات:

أ) مكعبات بيتونية، عينات المونة الإسمنتية لبناء البلوك والحجر، عينات من الحجر الطبيعي – رحيانـــي – كلسي – تدمري – دولاميت – حجر ...

ب) عينة مركبة من قطعتين من الآجر تمثل كل منهما نصف آجرّة بينهما مونة إسمنتية.

جـــ) أنصاف مواشير من مونة إسمنتية.

وذلك إذا علمت أن حمولة الانهيار P للحجر الطبيعي 600KN، وللبيتون 500KN، وللخشب 8KN، وللآجر 145KN، للمونة الإسمنتية مع الرمل 120KN، المونة لبناء البلوك والحجر 25KN

وفي الجدول رقم (6) الأبعاد النظامية للعينات والعلاقات الحسابية اللازمة لحساب حد المتانة على الضغط ومع اعتماد أبعاد العينة الحجرية للاختبار 15 × 15 × 15 cm

الجدول (6): العلاقات الحسابية اللازمة لحساب حد المتانة على الضغط والانعطاف والشد

العينة	المادة	شكل العينة	أبعاد العينة النظامية	العلاقة لحسابية لحد المتانة
مكعب	بيتون مونة حجر طبيعي	a, a	15 ×15×15 7.07× 7.07 ×7.07 5× 5 ×5 15 ×15×15	$F = P/a^2$
اسطوانة	بيتون حجر طبيعي	d, h	d = 15; h = 30 d = h = 5; 7; 10;15	$F = \frac{4P}{\Pi D^2}$
موشور	بيتون خشب	h, a	a = 10; 15; 20, h = 40, a = 2; h = 3	$F = \frac{P}{a^2}$
مركبة	آجر البناء	h, a, b	a = 12; b = 12, h = 14	$F = \frac{P}{S}$
نصف موشور	إسمنت	6.25, a, a	a = 4, S = 25 cm^2	$F = \frac{P}{S}$

موشور قرميد	إسمنت آجر البناء	$\frac{l}{2}$ p $\frac{l}{2}$ L	4 ×4 × 16 ;L= 10 12 × 6.5 × 25 L = 20	الانعطاف $F=\frac{3PL}{2bh^2}$
موشور	بيتون خشب	$\frac{l}{3}$ $\frac{p}{2}$ $\frac{l}{3}$ $\frac{p}{2}$ $\frac{l}{3}$ L	15 ×15 ×60, L = 45 2 × 2 × 30, L = 24	الشد بالانعطاف $F=\frac{PL}{bh^2}$
قضيب رقم ثمانية ∞ موشور	فولاذ بيتون	D p L p p a a p p p	d= 1; L = 5, L ≥ 10d 5 × 5 × 50 10 × 10 × 80	الشد المحوري $F=\frac{4P}{\Pi D^2}$
اسطوانة	بيتون	p d L p	d = L = 15	الشد بالفلق $F=\frac{2P}{\Pi d L}$

وبالعودة للجدول السابق رقم (6) يمكن حساب حد المتانة على الضغط كما يلي:

- للبيتون $F=\frac{500*10^4}{225}=2.22\cdot10^4\,kPa=22.2\,MPa$
- للمونة لزوم بناء البلوك والقرميد والحجر: $F=\frac{25\cdot10^4}{50}=0.5\cdot10^4\,kPa=5\,MPa$
- للحجر الطبيعي $F=\frac{600\cdot10^4}{225}=2.66\cdot10^4\,kPa=26.6\,MPa$
- للقرميد بأبعاد وحسب الجدول (5): $F=\frac{145\cdot10^4}{144}=1\cdot10^4\,kPa=10\,MPa$
- للإسمنت: $F=\frac{120\cdot10^4}{25}=4.8\cdot10^4\,kPa=48\,MPa$

المسألة رقم 50:

احسب حد المتانة بالانعطاف لعينة طابوق سيراميكي بأبعاد نظامية، ولعينة مونة إسمنتية، وكذلك لعينة بيتون، وعينة خشب وكافة الأبعاد النظامية لهذه العينات تؤخذ من الجدول

رقم (6) في المسألة السابقة رقم (49) وذلك إذا علمت أن الحمولة الكاسرة P للعينات مقدرة بالنيوتن N كما يلي:

للقرميد 1730; للمونة الإسمنتية 270; للبيتون 338; وللخشب 1417.

الحل: حد المتانة بالانعطاف:

- للطابوق السيراميكي: $F = \frac{3 * 1730 * 0.2 \cdot 10^6}{12 * 42} = 2.06 MPa$

- للمونة الإسمنتية المستخدمة في بناء البلوك والقرميد والحجر:

$$F = \frac{3 * 270 * 0.1 * 10^6}{16} = 5.06 MPa$$

- للبيتون: $F = \frac{338 * 0.45 \cdot 10^{-6}}{0.15 * 0.225} = 4.5 MPa$

- للخشب: $F = \frac{1417 * 0.24 \cdot 10^6}{4} = 85 MPa$

عندما يكون المقطع مربعاً يتم التقسيم على مربع طول الضلع لهذا المقطع في حالة الشد بالانعطاف.

المسألة رقم 51:

احسب حد المقاومة على الشد الثلاثي المحاور لعينة قضيب فولاذي وموشور بيتوني، إذا كانت قوة الكسر P لعينة الفولاذ وكذلك عينة البيتون متساوية وتساوي P = 30KN علماً أن قياسات العينات موجودة في الجدول رقم (6) المسألة (49) ولهذه المسألة قياسات الموشور البيتونـــي 10*10*80 cm

الحل: حد المقاومة على الشد للفولاذ: $F_F = \frac{4 * 0.03 * 10^4}{3.14 * 1} = 380 MPa$

حد المقاومة على الشد للبيتون: $F_b = \frac{0.03 * 10}{100} = 3 MPa$

المسألة رقم 52:

انهارت عينة قرميد تحت حمولة المكبس الهيدروليكي عند رقم للحمولة P = 40 KN، فإذا

علمت أن معامل التطرية للقرميد $K = 0.9$ مساحة مقطع العينة المعرضة للضغط S_O أكبر من مساحة رأس المكبس الناقل للحمولة S_B بمرتين.

احسب حد المقاومة على الضغط لعينة القرميد وهي بحالة الإشباع بالماء.

الحل: القوة الكاسرة $F = P * S_B = 40 * S_B$

مقاومة عينة القرميد في الحالة الجافة:

$$F_d = \frac{F}{S_0} = \frac{40 \cdot S_B}{S_0} = \frac{40 \cdot S_B}{2 * S_B} = 20\,MPa$$

حد المقاومة على الضغط لعينة القرميد في حالة الإشباع بالماء:

$$F_W = K * F_d = 0.9 * 20 = 18\,MPa$$

المسألة رقم 53:

بلاطة من البيتون المسلح مربعة الشكل أبعادها $4*4*0.4m$ تستند في زواياها الأربع على أربعة أعمدة من الآجر ارتفاع $h = 6.5m$ مقطع العمود $0.51*0.51m$، وضع وعاء بيتونـــي في مركز البلاطة من الأعلى وزن الوعاء فارغاً $m_B = 87kg$ وحجم البيتون في الوعاء $V_b = 0.85\ m^3$.

احسب الضغط الذي تتعرض له الأعمدة عند منسوب قاعدتها إذا كان الوزن الحجمي للآجر $\gamma_{0 \cdot K} = 1750 kg/m^3$، للبيتون المسلح $\gamma_{0 \cdot C} = 2500 kg/m^3$، للبيتون $\gamma_{0 \cdot b} = 2400 kg/m^3$.

الحل: – كتلة البلاطة البيتونية المسلحة: $m_u = 2500 * 4 * 4 * 0.4 = 16000 kg$

– كتلة الخلطة البيتونية في الوعاء: $m_b = V_B * \gamma_{0 \cdot b} = 0.85 * 2400 = 2040 kg$

– كتلة البلاطة والحمولة (الوعاء البيتونـــي + البيتون بداخله):

$$M = m_u + m_b + m_B = 16000 + 2040 + 87 = 18127\,kg$$

– الحمولة على كل عمود من الآجر: $P = M/4 = 18127/4 = 4600\,kg = 46\,KN$

– حمولة الوزن الذاتـــي لعمود الآجر:

$$P_C = S*h*\gamma_{0\cdot K} = 0.51*0.51*6.5*1750 = 3000\,kg$$

$$F_K = 30\,KN$$

حيث: S مساحة مقطع العمود.

- الحمولة الإجمالية على قاعدة كل عمود: $F_0 = P + P_C = 46 + 30 = 76\,KN$

- الضغط المتشكل عند قاعدة كل عمود:

$$P = \frac{F_O}{S} = \frac{76*10^3}{0.51*0.51} = 304*10^3\,N/m^2 = 0.3\,MPa$$

المسألة رقم 54:

في مجبل بيتونـــي يتم أخذ العينات من الخلطة المُنتجة في الورديتين النهارية والمسائية وعلى مدى سبعة أيام. حيث يتم تصميم الخلطة البيتونية وإنتاجها لبيتون بماركة 200.

احسب الانحراف الوسطي المعياري ومعامل تبعثر المقاومة إذا علمت أن نتائج اختبار العينات في الجدول رقم (7) التالي:

الجدول (7)

رقم العينة	المقاومة MPa	رقم العينة	المقاومة MPa
1	22.5	8	22.2
2	22.7	9	21.3
3	21.5	10	20.8
4	20.8	11	21.7
5	22.1	12	21.9
6	20.9	13	20.4
7	21.8	14	28.3

الحل: إن معامل التبعثر (التغير) لمقاومة البيتون تابع لتجانس هذا البيتون ويحسب من العلاقة:

$$C_V = \frac{S}{\overline{F}} * 100$$

حيث: S الانحراف الوسطي المعياري لنتائج اختبارات الخرسانة (البيتون) والتـــي تختلف عن القيمة الوسطية لمقاومة البيتون (الخرسانة).

$$S = \sqrt{\frac{\sum\left(F_i - \overline{F}\right)^2}{n-1}}$$

حيث: $\overline{F}$ المقاومة المتوسطة للبيتون والتـــي تساوي المتوسط الحسابـــي لقيم المتانات المأخوذة منفردة مستقلة F_i

$$\overline{F} = \frac{308.9}{14} = 22.06\,MPa$$

- الانحراف الوسطي المعياري: $S = \sqrt{\frac{47.9}{13}} = 1.92\,MPa$

- ويكون معامل تبعثر مقاومات البيتون C_V: $C_V = \frac{1.92}{22.06} * 100 \approx 9\%$

المسألة رقم 55:

احسب معامل المتانة النوعية (الجودة الإنشائية) للمواد الواردة، إذا علمت أن عينات من هذه المواد قد أعطت قيماً لحد المقاومة على الضغط وقيماً للأوزان الحجمية حسب ما هو وارد في الجدول التالي رقم (8):

الجدول (8)

الوزن الحجمي $\gamma_0 \left[kg/m^3\right]$	حد المقاومة للضغط $F[MPa]$	المادة
2700	150	**الغرانيت**
1800	60	**الحجر الكلسي**
2300	60	**البيتون**
1200	20	**البيتون الخفيف**
1800	15	**القرميد السيراميكي**

خشب الشوح باتجاه الألياف	90	500
الزجاج	600	2550
الفولاذ	400	7850

الحل: إن معامل المتانة النوعية(الجودة الإنشائية) للمواد يحسب بنسبة حد المقاومة على الضغط إلى الوزن الحجمي لهذه المواد:

للغرانيت: $K=\frac{150}{2700}=0.056$

للحجر الكلسي: $K=\frac{60}{1800}=0.033$

للبيتون الثقيل: $K=\frac{60}{2300}=0.026$

للبيتون الخفيف: $K=\frac{20}{1200}=0.017$

القرميد السيراميكي: $K=\frac{15}{1800}=0.008$

لخشب الشوح: $K=\frac{90}{500}=0.18$

لزجاج النوافذ: $K=\frac{600}{2550}=0.24$

للفولاذ: $K=\frac{400}{7850}=0.051$

المسألة رقم 56:

تعرضت عينات مكعبية 7.07*7.07*7.07cm من الغرانيت، والحجر الكلسي، والزجاج المزوج لتجربة الاهتراء.

ما هي كتلة هذه المكعبات بعد التجربة إذا علمت أن عامل إهتراء الغرانيت u = 0.04 انظر الجدول رقم (2) ومعامل إهتراء الحجر الكلسي u = 0.8 ومعامل إهتراء الزجاج المزوج $u=0.02\,g/cm^2$

الوزن الحجمي للغرانيت $\gamma_g=2700kg/m^3$

الوزن الحجمي للحجر الكلسي $\gamma_K=1800kg/m^3$

الوزن الحجمي للزجاج المزوج $\gamma_Z = 2650 kg/m^3$

الحل: إن كتلة العينات بعد تجربة الاهتراء m_1 يمكن حسابها من علاقة الاهتراء:

$m_1 = m - u * s$

حيث: m كتلة العينة قبل إجراء تجربة الاهتراء مقدرة بالغرام

s مساحة سطح الاهتراء

كتلة العينات قبل الاهتراء بالغرام gr:

- للغرانيت: $m = 2.7 * 353.5 = 954.5$

للحجر الكلسي: $m = 1.8 * 353.5 = 636.3$

للزجاج المزوج: $m = 2.65 * 353.5 = 936.8$

مساحة سطح الاهتراء: $S = 7.07 * 7.07 = 50 cm^2$

كتلة العينات بعد التعرض للاهتراء بالغرام gr:

- للغرانيت: $m_1 = 954.5 - 2 = 952.5$
- للحجر الكلسي: $m_1 = 636.3 - 40 = 596.3$
- للزجاج المزوج: $m_1 = 936.8 - 1 = 935.8$

المسألة رقم 57:

احسب الصلادة (الصلابة) بطريقة برينيل لمعدن سبائكي لصناعة العجلات للتعدين. إذا علمت أنه بنتيجة تجربة صلادة برينيل النظامية كان عمق اختراق الكرة الفولاذية ذات القطر $d = 5mm$ مساويا $h = 0.1mm$ علما أن رقم الصلادة بطريقة برينيل HB تحسب كضغط مطبق على وحدة المساحة للأثر الكروي الذي تتركه عادة الكرة الفولاذية على سطح الجسم المختبر.

الحل: يمكن حساب مساحة السطح للأثر الكروي (التقعر) من العلاقة:

$$S = \Pi d h = 3.14 * 5 * 0.1 = 1.57 * 10^{-6} m^2$$

وهناك علاقة بين الحمولة P والحمولة H من طرف وبين قطر الكرة الفولاذية mm من طرف آخر حيث قيمة P تساوي للمعادن السوداء $P = 300d^2$، وتساوي قيمة P لكل من

النحاس والبرونـــز والنحاس الأصفر $P = 100\ d^2$، وللألمنيوم والسبائك لزوم تصنيع العجلات وغيرها $P = 25\ d^2$

- الحمولة على الكرة الفولاذية في آلة الاختبار: $P = 25*25 = 625H$
- رقم الصلادة: $HB = \frac{P}{S} = \frac{625*10^6}{1.57} = 398*10^6\ Pa = 398\,MPa$

المسألة رقم 58:

عينة من الحجر الطبيعي ذات شكل أسطوانـــي $D = 40mm$ والارتفاع $h = 65mm$ تتعرض لتجربة اختبار المتانة بالطرق بسقوط مدقة الطرق على العينة في المخبر.

فإذا كان وزن المطرقة $P = 20N$ وانهارت العينة عند الضربة الثانية عشرة 12.

احسب متانة الحجر الطبيعي على الطرق.

الحل: إن متانة المادة على الطرق تحسب بنسبة العمل اللازم لكسر العينة إلى وحدة الحجم لهذه المادة.

حجم الاسطوانة الحجرية: $V = \frac{\Pi D^2 h}{4} = \frac{3.14*4^2*6.5*10^{-6}}{4} = 81*10^{-6}\ m^3$

والعمل اللازم لتهشيم العينة يساوي حاصل ضرب وزن المطرقة للجهاز بالمسافة التـــي تقطعها المطرقة للوصول إلى العينة. وعند القيام بهذا الحساب فإن الضربة الأخيرة لا تعد (تحذف).

العمل اللازم: $A = 20(1+2+3+.....+11) = 13.2\,N.m$

ومنه متانة الحجر الطبيعي على الطرق:

$$F_t = \frac{A}{V} = \frac{13.2*10^6}{81} = 0.163*10^6\ Pa = 0.163\,MPa$$

مسائل غير محلولة (تدريبات) خواص المتانة

مسألة 31:

احسب حد المقاومة للضغط لعينات أسطوانية من البيتون ومن الحجر الطبيعي أبعاد

الاسطوانة البيتونية d = 15 cm، h = 30 cm، وأبعاد الاسطوانة من الحجر الطبيعي d = h = 10 cm، الحمولة الكاسرة KN لعينات البيتون 650 ولعينات الحجر الطبيعي 780.

مسألة 32:

عارضة خشبية بمقطع cm (15×25) الارتفاع (25)cm موضوعة على مسندين المسافة بينهما 3m تتعرض العارضة في وسطها لحمولة مركزة 25KN تسببت في كسرها.

احسب حد المقاومة على الانعطاف للخشب.

مسألة 33:

مكبس هيدروليكي مجهّز بمرحلتين للتحميل المرحلة الأولى 50t = 500KN والمرحلة الثانية 100t = 1000KN والحمولة الكاسرة المتوقعة لاختبارات حد المتانة تتراوح بين 0.2-0.8 من الطاقة القصوى للمكبس والموافقة لمرحلة التحميل.

ما هي مرحلة التحميل التـــي يجب استخدام المكبس فيها لحساب حد المقاومة على الضغط لعينات بيتونية مكعبية بأبعاد15*15*15.

مسألة 34:

هل يمكن تحديد حد المقاومة على الضغط لعينات من الحجر الغرانيتـــي بأبعاد 5*5*5cm بواسطة مكبس هيدروليكي حمولته القصوى 25t إذا كان حد المقاومة الأدنـــى المتوقع يساوي 120MPa.

مسألة 35:

في مخبر لتجريب المواد لدينا ثلاثة مكابس هيدروليكية بحمولات قصوى (10; 25; 50 t).

فإذا كان المطلوب اختبار عينات مكعبية تم تحضيرها من مونة تستخدم لبناء البلوك بأبعاد cm (7.07*7.07*7.07) ومكعبات بيتونية بأبعاد cm (15*15*15) وأنصاف مواشير محضرة من إسمنت ورمل خاص وأبعادها cm (4*4*16) فما هي المكابس المناسبة لكل من العينات

إذا كانت الماركات المتوقعة هي للمونة 25 وللبيتون 150 وللإسمنت مع الرمل الخاص 400.

مسألة 36:

عتبة (جائز) من البيتون بأبعاد 15*15*60)cm) يراد اختبارها على الانعطاف فإذا علمت أنه تم اختبار عينة أسطوانية من نفس البيتون المستخدم للعتبة (الجائز) بأبعاد القطر والارتفاع 15*15)cm) على الشد بالفلق (انظر الجدول رقم 5) انهارت الاسطوانة عند حمولة11.5KN.

فما هي حمولة الانهيار للعتبة (الجائز)؟

طريقة للحل: يجب استخدام العلاقة التـــي تنص على أن: $(F_{Ri})=1.5(F_{RR})$

حيث: F_{Ri} حد المتانة للبيتون على الشد بالانعطاف.

F_{RR} حد المتانة للبيتون على الشد بالفلق.

مسألة 37:

احسب الحمولة اللازمة لتجربة تهشيم عينة مكعبية من الزجاج أبعادها 0.5*0.5*0.5)cm) (وذلك باستخدام) القاعدة القائلة بأنه لحساب معامل المتانة النوعية للمادة المركبة يتم جمع معامل المتانة النوعية لكل مادة من مكوناتها. إذا علمت أن التركيب الكيميائي للزجاج على النحو التالي %: SiO_2 – 72; CaO – 6; MgO –4; Na_2O–15; ولحساب حد المقاومة للضغط للزجاج تستخدم المعاملات: SiO_2 – 12.3; CaO – 2; MgO –11; Na_2O–6.

مسألة 38:

ثلاثة أنواع من الزجاج تركيبها الكيميائي على النحو التالي:

للنوع الأول %: SiO_2 – 73; Na_2O –15; CaO – 8; MgO–3; AL_2O_3–1. وللنوع الثانـــي %: SiO_2 – 71; Na_2O –12; CaO – 8; ZnO– 7; AL_2O_3–2; وللنوع الثالث %: SiO_2 – 72; Na_2O –13; CaO – 8; P_2O_5 – 3; AL_2O_3–3.

احسب وقارن حد المقاومة على الشد باستخدام القاعدة: (معامل المتانة النوعية للمادة المركبة يساوي مجموع عوامل المتانة النوعية لمكوناتها).

وهذه المعاملات تساوي لتجربة شد الزجاج:

P_2O_5– 0.75; ZnO –1.5; CaO – 2; AL_2O_3 – 0.5; SiO_2 – 0.9; MgO – 0.1; Na_2O – 0.2

مسألة 39:

بلاطة من البيتون الخفيف (الغازي) بأبعاد 3.1*2.9*0.3m وزنها 2.15t ورطوبتها 20 %.

احسب حد المقاومة التقريبـــي على الضغط للبيتون المذكور الذي تم تحضير البلاطة منه في الحالة الجافة بالميغا باسكال (MPa) باستخدام العلاقة: $F_C = A\gamma_0^2$

حيث: A معامل المتانة النوعية وهو يساوي لأنواع البيتون المسامي (الخفيف) المحضر في الأوتوكلاف A = 10.

γ_0 الوزن الحجمي للبيتون المسامي (الخفيف) مقدراً بـــ gr/cm^3.

مسألة 40:

كم مرة يمكن مضاعفة ارتفاع جدار بسماكة 0.64m من القرميد ذي الوزن الحجمي $\gamma_0 = 1800 kg/m^3$ إذا ما استبدلنا القرميد بمادة البيتون الخفيف $\gamma_0 = 1200 kg/m^3$.

علماً أن الإجهاد عند قاعدة الجدار عندما يكون قرميدياً لا يزيد عن 1.5MPa وعندما يكون من البيتون الخفيف فالإجهاد لا يزيد عن 5MPa .

مسألة 41:

للتعرف على تجانس مادة ما وتمييزه من خلال قيمة معامل تشتت قيم المقاومات يمكن افتراض ما يلي:

عند قيمة معامل التشتت للمقاومة 0.1 يمكن اعتبار أن التجانس ممتاز.

وعند قيمة معامل التشتت للمقاومة 0.1...0.15– التجانس جيد.

وعند قيمة لهذا المعامل 0.15...0.20– التجانس مقبول.

وعند قيمة لهذا المعامل أكبر من 0.2– التجانس سيء.

المطلوب: مقارنة تجانس المقاومات للآجر المنتج في ثلاثة معامل للآجر إذا علمت أنه تم تحليل نتائج المقاومات لفترة محددة للمعامل الثلاث وتم حساب وسطي المقاومات $(\bar{F})$ وتم حساب الانحراف الوسطي المعياري (S) لنتائج المقاومات في كل معمل وكانت النتائج على

النحو التالي للمعمل الأول: $S = 0.85MPa; \bar{F} = 10.5MPa$.

للمعمل الثاني: $S = 1.7MPa$;$\bar{F} = 8.4MPa$. وللمعمل الثالث: $\bar{F} = 14.1MPa$; $S = 2.1MPa$.

للحل (انظر المسألة المحلولة رقم 54).

مسألة 42:

تم اختبار مجموعتين من العينات البيتونية المحضرة من بيتون عادي المقاومة لكن المجموعة الأولى لا تحتوي على ملدن، والمجموعة الثانية تحتوي على ملدن (يخفض كمية ماء الخلط ويرفع الكثافة وبالتالي المقاومة أو تؤدي إضافة الملدن للإقتصاد بالإسمنت حيث يمكن سحب كمية من الاسمنت للحفاظ على ثابت W/C لانخفاض الماء عند الملدن نتيجة لوجود الملون بدلاً من رفع المقاومة ومنه أنواع كثيرة) وبينت نتائج الاختبار القيم التالية لحد المتانة على الضغط:

- للمجموعة الأولى (بدون ملدن) MPa: 18.9 ;22.1 ;20.5; 18.5 ; 21.3 ; 23.5 ; 23.1.
- للمجموعة الثانية مع ملدن MPa: 21.4; 20.8; 19.5; 21.9; 20.9; 22.1; 22.5.
- احسب معامل التبعثر لمقاومات البيتون في كل مجموعة.
- بين بالأرقام التأثير الذي يتركه استخدام الملدن من حيث الاقتصاد في الإسمنت عن طريق انخفاض قيمة معامل البتعثر.

إذا علمت أن حجم البيتون المصبوب لكل مجموعة $500m^3$ ومن المعروف أن انخفاض قيمة معامل التبعثر من 0.2 إلى 0.15 يؤدي إلى اقتصاد كمية 48kg لكل متر مكعب واحد 1 بيتون.

ومن 0.15 إلى 0.1 يمكن اقتصاد 37kg من الإسمنت.

ومن 0.1 إلى 0.05 يمكن اقتصاد 15kg من الإسمنت.

للحل (انظر المسألة المحلولة رقم 54).

مسألة 43:

مجموعتان من عينات اللينوليوم بأبعاد 20*20mm وسماكة 2mm تم تعريض المجموعتين إلى اختبار الاهتراء.

فإذا علمت أن المجموعة الأولى مكونة من اللينوليوم بطبقة واحدة والوزن الحجمي له $1450kg/m^3$ ومعامل الاهتراء (الضياع) في الكتلة لهذا النوع $0.05gr/cm^2$.

والمجموعة الثانية يتكون فيها اللينوليوم من عدة طبقات وهو ذو وزن حجمي يساوي $1500kg/m^3$ ومعامل إهتراء (الضياع في الكتلة) $0.035gr/cm^2$.

المطلوب: احسب النقص في ارتفاع العينات لنوعي اللينوليوم بعد الاختبار.

مسألة 44:

عينة مكعبية بأبعاد 7.07*7.07*7.07cm محضرة من مونة بنائية مكونة من الإسمنت والرمل وزنها 720gr. تم تعريضها لاختبار الاهتراء على القرص وبعد 1000 دورة أصبح وزن العينة 660gr.

احسب اهتراء المونة بضياع وزنها نسبة لمساحة الوجه المعرض للاهتراء وكذلك الفاقد في الارتفاع.

1.6 خواص التشوه

مسائل محلولة

المسألة رقم 59:

ثلاث مجموعات من العينات الموشورية بأبعاد 40*40mm وطول l_0= 160mm.

المجموعة الأولى محضرة من عجينة إسمنتية فقط (إسمنت + ماء).

المجموعة الثانية محضرة من عجينة إسمنتية وحصويات بنسبة 45 %.

المجموعة الثالثة محضرة من عجينة إسمنتية وحصويات بنسبة 75 %.

وأثناء تصلبها تعرضت كافة العينات إلى تقلص (انكماش) بسبب تبخر الماء وكانت قيمة التقلص عند فقدان 10 % و20% و30% هي على التوالي:

بالنسبة لعينات المجموعة الأولى (العجينة الإسمنتية):

- عند فقدان 10 % ماء قيمة التقلص $1*10^{-3}$

- عند فقدان % 20 ماء قيمة التقلص $2*10^{-3}$
- عند فقدان % 30 من الماء كانت قيمة التقلص $2.8*10^{-3}$

ولعينات المجموعة الثانية الحاوية على 45% حصويات قيمة التقلص كانت على التوالي:
$0.3*10^{-3}$، $0.55*10^{-3}$، $1*10^{-3}$؛

وعينات المجموعة الثالثة الحاوية على 75% حصويات كانت قيمة التقلص على التوالي:
0.05×10^{-3}; $0.07*10^{-3}$; $0.15*10^{-3}$.

احسب التغير في طول العينات بالميكرومتر (الميكرون) وذلك بحسب درجات تبخر الماء.

الحل: لحساب التغير في طول العينات Δl بحسب درجة تبخر الماء أثناء التصلب (الجفاف) تستخدم العلاقة الحسابية الخاصة بتحديد التشوه الطولي ε_t (التقلص):

$$\Delta l = l_1 - l_0 = \varepsilon_t * l_0$$

عند فقدان (تبخر): 10 ;20 ;30% من الماء فإن قيمة Δl لعينات العجينة الإسمنتية يجب أن تساوي:

$\Delta l_1 = 160 * 10^3 * 1 * 10^{-3} = 160mkm$ (ميكرومتر)

$\Delta l_2 = 160 * 10^3 * 2 * 10^{-3} = 320mkm$

$\Delta l_3 = 160 * 10^3 * 2.8 * 10^{-3} = 448mkm$ (ميكرومتر) وهكذا أيضاً تحسب قيمة التشوهات لعينات المجموعة الثانية % 45 حصويات حيث تبين أن:

$\Delta l_1 = 48mkm$

$\Delta l_2 = 93.5mkm$

$\Delta l_3 = 160mkm$

ولعينات المجموعة الثالثة الحاوية على 75% حصويات فإن التشوه:

$\Delta l_1 = 8mkm$

$\Delta l_2 = 11.2mkm$

$\Delta l_3 = 24mkm$

نتيجة: من الواضح أن وجود الحصويات يخفف من التشوهات للبيتون وكلما زادت نسبة

الحصويات قلّت التشوهات.

المسألة رقم 60:

ما هو القطر المطلوب لقضيب فولاذي طوله $l_0 = 2.5m$ ليتحمل $P = 6t\ (P = 60KN)$

احسب: الاستطالة المطلقة للقضيب Δl إذا علمت أن إجهاد الشد المسموح للفولاذ $\sigma = 160MPa$ معامل المرونة $E = 2 * 10^5\ MPa$.

الحل: يمكن حساب مساحة مقطع القضيب (S) من علاقة الإجهاد وبعدها يمكن حساب قطر القضيب d:

$$S = \frac{P}{\sigma} = \frac{60 * 10^3}{160 * 10^6} = 0.37 * 10^{-3}\ m^2$$

أو $3.7cm^2$

ومنه: $d = \sqrt{\frac{4S}{\Pi}} = \sqrt{\frac{4 * 3.7}{3.14}} \approx 2.2\,cm$

ويمكن حساب استطالة القضيب من قانون هوك: $E = \sigma/\varepsilon$

حيث: $\sigma = P/S$

و $\varepsilon = \Delta l/l$

وبالتعويض: الاستطالة المطلقة للقضيب الفولاذي Δl

$$\Delta l = \frac{Pl}{ES} = \frac{60 * 10^3 * 2.5}{2 * 10^{11} * 0.37 * 10^{-3}} \approx 0.002m = 2\,mm$$

المسألة رقم 61:

إذا كان الوزن الحجمي للبيتون الخفيف $\gamma_{0b} = 1200kg/m^3$ وكان حد المتانة على الضغط لهذا البيتون $\bar{F}_{bp} = 25MPa$. المطلوب: مقارنة قيمة معامل المرونة الأولي للبيتون مع حد المتانة على الضغط له.

معطيات مساعدة للحل: إذا علمت أن معامل مرونة البيتون الثقيل يحسب بدلالة حد المتانة على الضغط باستخدام العلاقة التجريبية التالية: $E_b = \frac{52000 + \bar{F}_{bp}}{23 + \bar{F}_{bp}}$ ومعامل المرونة

للبيتون الخفيف (البيتون المحضر بحصويات خفيفة كحصويات شهباء مثلاً) يحسب بالعلاقة:
$E_b = 3100 * \gamma_{0b} \sqrt[3]{F_{bp}}$ (المرجع 2).

الحل: إن معامل مرونة البيتون البدائي (اللحظي) E_b يمكن تفسيره أنه يوافق تحميل البيتون لقيم إجهادية لا تظهر عندها إلا التشوهات المرنة، ويمكن حساب هذا المعامل بالدقة الكافية باستخدام العلاقات أعلاه:

للبيتون الثقيل: $E_b = \frac{52000 * 25}{23 + 25} = 27083\,MPa$

للبيتون بحصويات خفيفة (شهباء): $E_b = 3100 * 1.2 * \sqrt[3]{25} = 10899.6\,MPa$

المسألة رقم 62:

احسب معامل المرونة لعينة لوح زجاجي تركيبها الكيميائي على النحو % $MgO - 4.1;$ $CaO - 7;\ Al_2o_3 - 2.2;\ SiO_2 - 71.8;\ Na_2O - 14.9$ التالي علماً أن قيم المعاملات اللازمة للحساب هي: $Na_2O - 610;\ MgO - 400;\ CaO - 700;\ Al_2O_3 - 1800;\ SiO_2 - 700$.

الحل: يجب أن يتوافق الحل مع القاعدة التـــي تنص على أن حساب معامل مرونة المادة المركبة (الزجاج) هو ناتج مجموع معاملات المواد الداخلة في تركيبها.

ومنه معامل مرونة الزجاج الذي يمكن حسابه بالعلاقة التجريبية:

$$E = 700 * 71.8 + 1800 * 2.2 + 700 * 7 + 400 * 4.1 + 610 * 14.9 = 61669\,MPa$$

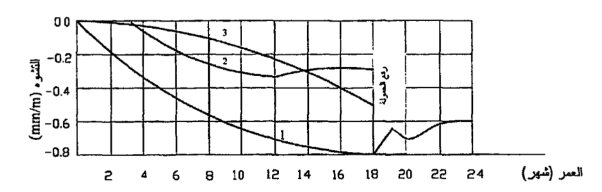
المسألة رقم 63:

تم تحضير عينات موشورية من خلطة بيتونية بنسبة ماء مرتفعة أبعاد العينات $7 \times 7 \times 21cm$ وقسّمت لمجموعتين: تم برفنة (تشميع) المجموعة الأولى وقياس التشوه الكلي ε_a لعينات هذه المجموعة وهي مجهدة $\sigma = 2.5MPa$. وبشكل موازٍ تم قياس تشوهات التقلص (ε_c) للبيتون لنفس الأعمار وذلك لعينات المجموعة الثانية غير المجهدة. والمطلوب: احسب تشوهات الزحف للبيتون بأعمار: 2 ;6 ;12 ;18 شهراً. إذا علمت أن التشوه الكلي للبيتون في الأعمار المذكورة دون إدخال التشوه المرن له كانت على التوالي 0.8; 0.7; 0.5; 0.2mm/m وأما تشوهات التقلص فكانت على التوالي:0.36; 0.35; 0.28; 0.1mm/m.

ويطلب عرض نتائج الحسابات في منحنٍ.

الحل: إن تشوه الزحف للبيتون يحسب بالعلاقة: $\varepsilon_2 = \varepsilon_a - \varepsilon_c$

أي: تشوه الزحف = التشوه الكلي – تشوه التقلص. كما يبين الشكل (5)



1 – التشوه الكلي **2 – تشوه التقلص.**

3 – تشوه الزحف (الزحفان).

الشكل (5) تشوهات البيتون تحت تأثير الحمولة الدائمة.

المسألة رقم 64:

يطلب تحديد القراءة النهائية لمؤشر (مانومتر) مكبس اختبار إذا علمت أنه بعد رفع الحمولة عن العينة بقي التشوه كما هو علماً بأن الإجهاد البدائي $\sigma = 30MPa$ وقد مرّ زمن يوافق الزمن اللازم لرفع الحمولة (الزمن الذي ينخفض الإجهاد خلاله بعدد مرات e يساوي 2.72 مرة).

الحل: قراءة المانومتر (المؤشر) للمكبس الهيدروليكي المستخدم بقيمتها النهائية بعد رفع الحمولة، أي الإجهاد النهائي $\sigma_1 = \sigma/n = 30/2.72 = 11.02MPa$

المسألة رقم 65:

تعرضت شريحة رقيقة من البوليمير لاختبار شد بهدف زيادة طولها من 100mm إلى 250mm. ولتحقيق ذلك تم تطبيق إجهاد σ_0 يساوي $\sigma_0 = 5.5MPa$. وبقيت العينة معرضة لهذا الإجهاد لمدة ثلاثين يوماً $t = 30$ حيث انخفض الإجهاد المطبق بعدها إلى قيمة $\sigma = 3.1MPa$.

احسب معامل زمن رفع الحمولة واحسب الإجهاد بعد ثمانين يوماً $t_1 = 80$ من تطبيقه.

الحل: رفع الحمولة (الإجهاد) يعنـــي أن تنخفض قيمة الإجهاد بعدد من المرات يساوي e: مرة $e = 2.72$.

إن تغير الإجهاد في حالات التحميل هذه يتبع للقانون التالي: $\sigma = \sigma_0\, e^{-t/\lambda}$ (المرجع 2)

حيث: σ الإجهاد بعد زمن t.

σ_0 الإجهاد الأولي.

λ = ثابت لزمن تغير الإجهاد (الزمن اللازم لانخفاض الإجهاد e مرة).

ويمكن حساب قيمة ثابت زمن تغير الإجهاد e مرة من العلاقة: $l_n\, \sigma/\sigma_0 = -t/\lambda$ (نفس المرجع)

$$l_n\,(3.1/5.5) = -30/\lambda$$

ومن هنا يكون يوم $\lambda = 52.6$

وهكذا فإن الإجهاد بعد بقاء العينة في وضعها الإجهادي لمدة 80 يوماً يكون مساوياً:

$$\sigma_{80} = 5.5 * e^{-80/52.6} = 5.5 * e^{-1.52} = 1.20\text{MPa}$$

مسائل غير محلولة - خواص فيزيائية هندسية عامة (متانة وتشوه): (الإجابات في نهاية الكتاب).

مسألة 45:

لدينا مجموعة من العينات البيتونية الموشورية 40*40*160mm استخدم في تحضيرها حصويات ناعمة مختلفة المصدر. وبعد الصب تم حفظها بدرجة حرارة 20C° ورطوبة نسبية للهواء 60-70% وفي عمر 90 يوماً تم قياس التقلص الحاصل على العينات فإذا علمت أن التقلص الحاصل على العينات البيتونية الموشورية المحضرة من حصويات ناعمة من الحجر الكلسي كانت قيمته 0.5mm/m.

وكانت قيمة التقلص للعينات بنفس الأبعاد والمحضرة من حصويات ناعمة من بقايا الآجر المحضر من غضار مشوي أكبر بـــ 1.75 مرّة، من قيمة التقلص لعينات بنفس الأبعاد موشورية بيتونية محضرة باستخدام حصويات ناعمة من البازلت وأكبر بمرتين من قيمة

التقلص لعينات بحصويات كوارتزية وأكبر بـــ 2.8 مرة من تقلص العينات المحضرة من حصويات الحجر الكلسي ودائماً بنفس الأبعاد.

احسب تغير طول العينات بعمر 90 يوماً.

مسألة 46:

من أجل وضع قضيب فولاذي بطول 3.5 m في الحالة المسبقة الإجهاد توجب خلق إجهاد فيه قيمته 235MPa، فإذا علمت أن معامل المرونة لفولاذ التسليح يساوي $2.1*10^5$ MPa. فما هي قيمة الاستطالة المطلقة للقضيب بالميلمتر.

مسألة 47:

احسب القوة المطبقة اللازمة لشد عينة قضيب فولاذي من الفولاذ منخفض السبائكية (منخفض المقاومة) قطر العينة 10mm وذلك لإيصالها لقيمة إجهادية مسموحة مساوية لـــ 540Mpa.

مسألة 48:

في منشأ من البيتون المسلح المسبق الإجهاد تم شد مجموعة من قضبان التسليح بالطريقة الكهروحرارية وذلك بغرض سبق الإجهاد فيها.

فإذا علمت أن القيمة الدنيا للإجهاد المسبق لهذه القضبان 320MPa والقيمة العظمى 520MPa، والمسافة بين المسندين 6100mm، ومعامل مرونة الفولاذ $2*10^5$MPa فاحسب الاستطالة الدنيا والاستطالة القصوى للقضبان الفولاذية في المنشأ.

مسائل بحثية

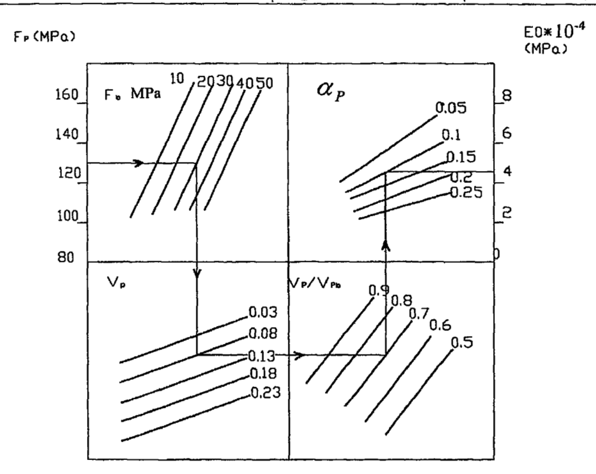
مسألة 49:

إذا علمت أن α_p هو معامل بوليميري (أحد أنواع البوليميرات المعروفة مثلاً (EPOXY) يتعلق بنوع المانومير (مادة عضوية نفطية المنشأ غالباً الذي يتم تصنيع البوليمير على أساسه) ويتعلق المعامل بطريقة تصنيع هذا البوليمير، كما يتعلق هذا المعامل بالحجم النسبـــي

للبوليمير V_p ويتعلق أيضا بالعلاقة النسبية لحجم البوليمير إلى حجم فراغات البيتون V_p/V_{pd} وبالمقاومة الموشورية للبوليمير F_p والمقاومة الموشورية للبيتون F_b.

فاحسب معامل المرونة البدائي E_0 للبيتون البوليميري (هو بيتون يتم إضافة البوليمير له بعد تصلبه جزئيا، حيث يحتل البوليمير مكان الفراغات والمسامات الموجودة داخل البيتون بغرض تحسين جميع خواصه وأهمها (المتانة، النفاذية...).

وللحساب استخدم المخطط اللاحق الشكل رقم (6).



الشكل (6) مخطط لتحديد (حساب) معامل المرونة البدائي للبيتون البوليميري

مسألة 50:

بين بالاستعانة بالشكل رقم (6) كيف تتغير قيمة معامل المرونة البدائي E_0 للبيتون البوليميري الذي تم الحصول عليه من إضافة البوليمير إلى البيتون بعد تصلبه جزئيا وتمت معالجته بالطريقة الإشعاعية بعد إضافة البوليمير فكانت قيمة المعامل $(\alpha_p = 0.1)$ كما تمت

بصورة مستقلة معالجة البيتون بعد إضافة البوليمير له بطريقة التحفيز الحراري فكانت قيمة المعامل $\alpha_p = 0.2$ وذلك للحصول على أفضل النتائج من عملية البلمرة.

علماً أن جميع المعطيات الأخرى يمكن اعتمادها ثابتة من المخطط.

مسألة 51:

احسب معامل المرونة للبيتون E_b الذي استخدم في تحضيره الطف البركاني وحصويات شهبا (السويداء) وكانت ماركته 150 علماً أن الطف البركاني وحصويات شهبا أخذت من مواقع مختلفة. فمن الموقع الأول كان الوزن الحجمي لها $\gamma_0 = 1370 kg/m^3$ ومعامل المرونة $E = 15 * 10^3$ MPa، ومن الموقع الثاني $\gamma_0 = 1580 kg/m^3$ ومعامل المرونة $E = 19 * 10^3$ MPa، ومن الموقع الثالث $\gamma_0 = 1700 kg/m^3$ ومعامل المرونة $E = 30.7 * 10^3$ MPa.

واستخدم العلاقة التجريبية التالية:

$$E_b = \frac{300000\sqrt{R_p}E}{10E + 210000\sqrt{R_p}}$$ (المرجع 2)

حيث: R_p حد المقاومة على الضغط للبيتون MPa.

مسألة 52:

لتحديد معامل المرونة للزجاج استخدم الجهاز الخاص بذلك والذي يحتوي أيضاً على قائس بصري لتغير الأطوال ويسمح هذا القائس بتحديد سهم الهبوط S المرن للعينة الزجاجية المنحنية تحت الحمولة F المطبقة عليها من الجهاز $F = 50 KN$ فإذا علمت أن أبعاد العينة الشريحة هي العرض $b = 25 mm$;السماكة $h = 3 mm$ والمسافة بين المسندين $l = 100 m$. والعلاقة الواجب استخدامها لحساب معامل المرونة هي: $E = \frac{Fl^3}{4Sh^3b}$

فاحسب قيمة سهم الانحناء للعينة الزجاجية بالميلمتر إذا كان التركيب الكيميائي للزجاج المختبر %: SiO_2 – 72.1; Al_2O_3 – 1.9; CaO – 6.5; MgO – 4.3; Na_2O – 14.9.

والثوابت النوعية لمرونة الأكاسيد في الزجاج هي: $Na_2O - 610; MgO - 400; CaO - 700;$ $Al_2O_3 - 1800;\ SiO_2 - 700$.

مسألة 53:

أوجد وقارن الضياع في الإجهاد نتيجة تغير الإجهاد (هبوط الإجهاد بعدد مرات يساوي e) وذلك في نوعين من القضبان الفولاذية المستخدمة في التسليح للنوع A-IV والنوع A-V أثناء عملية اختبار الشد تارة بالطريقة الميكانيكية $\sigma_{D.M}$ – الضياع في الإجهاد بطريقة الشد الميكانيكية. وتارة بطريقة الشد الكهروحرارية. σ_{DE} – الضياع في الإجهاد لطريقة الشد بالتحفيز الحراري الكهربائي استخدم العلاقة التجريبية التالية:

$$\sigma_{D.M} = 0.1\sigma_0 - 20$$

$$\sigma_{D.E} = 0.03\sigma_0$$

حيث: σ_0 الإجهاد البدائي في الفولاذ.

تعتمد قيمة σ_0 مساوية لـــ 90 % من قيمة حد السيلان للفولاذ.

- ولحل هذه المسألة يجب العودة إلى المواصفة الروسية لفولاذ التسليح من الصنف A-IV والصنف A – V. ورقم المواصفة (Gost5058-57) وتكملة المعطيات منها.

الإجابة في آخر الكتاب.

مسألة 54:

من أجل استطالة عينة من المطاط المستخدم للسدادات المحكمة من الطول البدائي 100 mm إلى طول 200 mm تطلب تطبيق إجهاد شد يساوي 2MPa، وأبقيت العينة مدة 20 يوماً في جهاز الشد في الحالة المذكورة حيث انخفض الإجهاد بعد المدة المذكورة بثلاث مرات عن قيمته.

احسب الإجهاد بعد 30 يوماً إذا بقيت العينة في حالتها السابقة داخل جهاز الشد.

البحث الثاني

الأحجار الطبيعية والمواد السيراميكية

يهدف هذا البحث إضافة لما سبق في مقرر الجيولوجيا الهندسية لتعلم طريقة سريعة لتحديد الخواص الفيزيوميكانيكية للصخور والتمكن بالنظر المعمق من تحديد الخواص (البتروغرافية) التي يتميز بها الصخر الأم وذلك للحكم على صلاحيتها للاستخدام في بناء المنشآت والطرق والمطارات...الخ.

حيث بات من المعلوم أن أهم الخواص الفيزيوميكانيكية للصخور التي تستخدم لتحضير الحجر الطبيعي أو الحصويات هي: الكثافة – امتصاص الماء – القساوة – المتانة – الاهتراء – مقاومة النار – مقاومة التجمد ...الخ.

حيث يمكن مثلا تحديد قساوة الصخور بطريقة تقريبية بمحاولة جرح عينات منها بواسطة عناصر أكثر قساوة وفق سلم موسا الحاوي على عشرة عناصر فلزية متدرجة حسب قساوتها بدءا من الأضعف (الطلق) ورقمه 1 في السلم واسمه الكيميائي سيليكات المغنيزيوم الذائبة وانتهاء برقم 10 وهو الألماس.

ولقياس متانة (مقاومة) الصخور يتم اختبار عينات منها بأبعاد نظامية وذلك على الضغط وعلى الشد المحوري وعلى الفلق وللحصويات المستخرجة منها تجري اختبارات تحديد المتانة بشكل أولي من خلال اختبار الاهتراء.

ولتحديد بنية الصخر بشكل دقيق يستخدم عادة الميكروسكوب ولكن بالطرق اليدوية المبسطة باستخدام المبرد للحصول على نثرات من المادة المدروسة حيث يمكن وضع هذه النثرات على ورقة بيضاء والنظر بتمعن عندها يمكن تمييز الكوارتز SiO_2 من خلال لمعانه حيث يعطي لمعانا بللوريا ذا أشكال متكسرة عشوائيا غير متساوية.

ويمكن تمييز الفلدسبات من خلال سطوحها المستوية اللامعة قليلاً وكذلك للميكا التـــي تتميز بسطوح ملتحمة تماماً وباتجاه واحد متطبقة. وهكذا للخواص البتروغرافية الأخرى حيث يمكن مقارنة المعطيات التي تم الحصول عليها من مجموعة الاختبارات اليدوية للتمكن من تسمية الصخر وتحديد بقية الخواص كما سيأتي على ذلك تفصيلاً في أبحاث ميكانيك التربة والصخور.

وأما عن المواد **السيراميكية** فمن الضروري الإلمام بطرق تقييم الجودة لهذه المواد من خلال القياس الدقيق لأبعاد البلاطات السيراميكية والأحجار القرميدية المشوية وتحديد **درجة الشي** وحد المتانة (المقاومة) على الضغط والشد بالانعطاف.

حيث يمكن تحديد حد المتانة على الشد بالانعطاف لعينة طابوق قرميدي موشورية ذات أبعاد محددة بالعلاقة:

$$F = \frac{3PL}{2bh^2}$$

حيث: L المسافة بين محوري المسندين الحاملين للعينة L = 200 mm.

b عرض العينة المختبرة.

h ارتفاع العينة في وسطها دون معالجة سطحها بالكبريت أو غيره من أجل تسويته.

ولاختبار الأصالة (مقاومة التجمد والذوبان) للصخور الطبيعية والمنتجات السيراميكية يتم اختبارها بمعالجتها بالنقع لعدد معين من المرات في سائل كيميائي هو كبريتات الصوديوم $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ وتجفيفها ثم نقعها ومن ثم قياس الضياع في كتلتها نتيجة المعالجة بالمحلول والتجفيف.

مسائل محلولة

المسألة رقم 66:

من أجل تحديد صلاحية الحجر الكلسي لأعمال الجدران وإكسائها تم تحديد قيم الوزن الحجمي – امتصاص الماء – معامل التطرية، وذلك بعينات من الصخر الأم للحجر الكلسي. ولذلك فقد اختبرت عينة حجرية و كتلة العينة m = 207gr وقد أزاحت هذه العينة مقداراً

من الماء يساوي $V_W = 111\ gr$.

وبعد وضع العينة في الماء كان الامتصاص حجماً $W_0 = 50\%$ ومقاومة الضغط للعينة في الحالة الجافة $F_p = 27MPa$ وفي الحالة المشبعة بالماء $F_W = 21MPa$، ولتجربة الأصالة بالتجميد والذوبان كانت المقاومة بعد التجميد والذوبان $Fic = 18MPa$. هل يمكن اعتبار هذا الحجر صالحاً للاستخدام؟

الحل: وفقاً للنورمات والمواصفات الموافقة فإن العينات يجب أن تحقق شروطاً تقنية معينة سيتم حسابها وفق ما يلي: يمكن اعتبار أن حجم الحجر الكلسي يساوي حجم الماء المزاح بالعينة ومن هنا فإن الوزن الحجمي: $\gamma_0 = m/V_w = 207/111 = 1.86 gr/cm^3 = 1860 kg/m^3$

(وإذا تم الافتراض أن الحجر الكلسي قد امتص شيئاً من الماء أثناء حساب حجمه فإن قيمة الوزن الحجمي ستنقص قليلاً).

وبما أن قيمة الامتصاص حجماً معروفة فيمكن حساب الامتصاص وزناً. حيث $w = W_0/\gamma_0 = 50/1.86 = 26.88\%$.

- ويحسب معامل التطرية: $K = F_W/F_P$

$$K = 21/27 = 0.78$$

- الضياع في المقاومة نتيجة التجميد والذوبان:

$$\Delta Fic = \frac{F_W - Fic}{F_W} * 100 = \frac{21-18}{21} * 100 = 14.2\%$$

وبالمقارنة مع المواصفات تبين أن عينات الحجر الكلسي تحقق الشروط التقنية المطلوبة.

المسألة رقم 67:

لدينا ثلاثة أنواع من الصخور الكلسية ولها التركيب الكيميائي التالي %:

	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Cao
النوع الأول (1)	88.5	4.9	2.5	4.1
النوع الثانـــي (2)	62.5	17.4	12.5	7.6
النوع الثالث (3)	5.19	0.95	24.5	69.36

احسب الثبات الكيميائي (مقاومة الحموض والقلويات) لهذه الصخور.

الحل: من أجل الحكم على المقاومة الكيميائية (الثبات) لهذه الصخور في البيئة الحمضية والقلوية، يمكن التقييم حسب العلاقة أو ما يسمى رقم الأساس M_0

$$M_0 = \frac{CaO + MgO + Na_2O(K_2O)}{SiO_2 + Al_2O_3}$$

وبالتعويض تبين أن النوع الأول (1) $M_0 = 0.07$

وللنوع الثانـــي $M_0 = 0.25$

وللنوع الثالث $M_0 = 15.3$

ومنه يمكن الافتراض أن النوع الأول والثانـــي هي أنواع مقاومة للحموض ولكنّها تتفاعل وتتأثر بالأكاسيد الأساسية.

والنوع الثالث من الصخور المدروسة يتأثر وينهار بالحموض ولكنه مقاوم للأساس.

المسألة رقم 68:

نتيجة التحليل الكيميائي لصخر كربونـــي تبين أنه يحتوي على CaO - 40% ويحتوي على MgO – 12%.

احسب محتوى هذا الصخر من الدولاميت ومن الكالسيت واختر اسماً لهذا الصخر باستخدام التصنيف التالي في الجدول (9):

الجدول (9)

الصخر	المحتوى %	
	الكالسيت $CaCO_3$	الدولاميت $CaMg(CO_3)_2$
حجر كلسي (جيري)	95-100	0-5
كلسي يحتوي الدولاميت	75-95	5-25
كلسي دولوميتـــي	50-75	25-50
دولوميت يحتوي على الكلس	25-50	50-75
دولوميت كلسي	5-25	75-95
دولوميت	0-5	95-100

الحل: من الممكن الافتراض أن كامل كمية MgO في الصخر الكربوني متحدة في الدولوميت $CaMg\ (CO_3)_2$ وبذلك ومن الوزن الجزيئي للدولوميت $M - CaMg(CO_3)_2 = 184$ ومنه فإن MgO يشكّل فيه نسبة % 21.7. وفي الصخر المدروس نسبة MgO هي % 12 أي يجب أن تكون نسبة الدولوميت % 55.3.

ومن السهل الحساب أنه في الدولوميت 100% تتحد CaO بنسبة 30.4 ومنه يكون في الدولوميت % 55.3 تكون نسبة CaO المتحدة هي % 16.8. والبقية الباقية من كمية CaO، أي % 23.2 تتحد مشكّلة الكالسيت $CaCO_3$. ومن الصيغة المعروفة للكالسيت فإن في كمية 100% من $CaCO_3$ يوجد بالتأكيد % 56 CaO ويوجد أيضاً % 23.2 CaO تذهب لتشكّل $CaCO_3$ بنسبة $CaCO_3$.

وهكذا فإن الصخر المدروس يحتوي على 41.4% $CaCO_3$ ويحتوي على 55.3% $CaMg(CO_3)_2$، ومن الجدول رقم (9) يصنف هذا الصخر بأنه دولوميت يحتوي على الكلس.

المسألة رقم 69:

احسب وزن وحجم كمية الغضار اللازمة لتصنيع 10000 قطعة من الطابوق القرميدي العازل ذي الوزن الحجمي $\gamma_0 = 1400 kg/m^3$ حيث يتميز هذا الطابوق بنسبة فراغات تشكل % 30 من حجمه علماً أن الوزن الحجمي للغضار الرطب $\gamma_{0w} = 1600 kg/m^3$ ونسبة رطوبته $W = 15\%$. وأثناء عملية الشي في الفرن فإن الضياع عند التلدين يشكل 10% من كتلة الغضار الجاف.

علماً أن أبعاد البلوكة $0.25 * 0.12 * 0.088 m$

الحل: إن حجم قطعة واحدة من القرميد:

- دون حساب الفراغات $V = 0.25 * 0.12 * 0.088 = 0.00264 m^3$
- ومع حذف الفراغات $V = 0.00264 * 0.3 = 0.0018 m^3$

ومنه فإن حجم 10000 بلوكة سيكون: $0.0018 * 10000 = 18 m^3$

- ومنه فإن وزن 10000 بلوكة سيكون: $18 * 1400 = 25200 kg$

وكتلة الغضار غير الملدّن واللازم لصنع 10000 بلوكة تكون:

$$m = \frac{25200(100+10)}{100} = 25200 * 1.1 = 27720\,kg$$

- كتلة الغضار الرطب اللازم لصناعة 10000 بلوكة.

$$= 27720 * \left(\frac{100+15}{100}\right) = 27720 * 1.15 = 31878\,kg$$

حجم الغضار الرطب اللازم: $V_C = 31878/1600 = 19.92 m^3$

المسألة رقم 70:

لدينا كمية 15t من الغضار برطوبة $w = 12\%$ هذا الغضار معد لصناعة طابوق سيراميكي بمقياس 25*120*138 mm ونسبة الفراغات في البلوكة الواحدة $P = 33\%$. فإذا علمت أن الفاقد نتيجة الشي في الفرن يساوي $B = 8.5\%$ والوزن الحجمي للطابوق المصنع من هذا الغضار $\gamma_o = 1750 kg/m^3$ فما هو عدد قطع الطابوق السيراميكي الذي يمكن الحصول عليه من الكمية المذكورة؟

الحل: من كمية 15t من الغضار برطوبة 12% وبالشي نحصل على كتلة سيراميكية مشوية في الفرن كتلتها m_m :

$$m_m = \frac{m_d(100-B)}{100} = \frac{m_w(100-w)(100-B)}{100*100}$$

حيث: m_d كتلة الغضار الجاف.

m_w كتلة الغضار الرطب بنسبة 12%.

$$m_m = 15 * 0.88 * 0.915 = 12.078t$$

ويكون حجم كتلة السيراميك المشوي:

$$V_m = {}^{m_m}\!/_{\gamma_o} = {}^{12078}\!/_{1750} = 6.9 m^3$$

وحجم بلوكة سيراميكية واحدة مع الفراغات:

$$V' = 0.25 * 0.12 * 0.138 = 0.0041 m^3$$

وحجم بلوكة سيراميكية دون الفراغات:

$$V = V' - \frac{V'_p}{100} = 0.0041 - 0.0013 = 0.0028 m^3$$

وهكذا فإن عدد قطع البلوك السيراميكي n الذي يمكن تصنيعه من كمية 15 t من الغضار يساوي:

$$n = {V_m}/{V} = {6.9}/{0.0028} = 2464$$ قطعة

المسألة رقم 71:

يراد استخدام قطع نفايات خشبية صغيرة في خلطة لتحضير الطابوق المعروف بأبعاد $0.25 * 0.12 * 0.065m$ وذلك بغرض تخفيف وزنه.

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للطابوق المخفف بالخشب $\gamma_o = 1210 kg/m^3$ والوزن الحجمي للطابوق العادي $\gamma'_o = 1740 kg/m^3$ والوزن الحجمي لنفايات الخشب $\gamma''_o = 610 kg/m^3$ فاحسب مصروف (كمية) النفايات الخشبية اللازمة للحصول على 1000 قطعة طابوق مخفف.

الحل: إن كتلة 1000 قطعة من الطابوق العادي تساوي $m_{n.k}$:

$$m_{n.k} = 1000 * 0.25 * 0.12 * 0.065 * 1740 = 3393 kg$$

وكتلة 1000 قطعة قرميد مسامي مخفف $m_{p.k}$:

$$m_{p.k} = 1000 * 0.25 * 0.12 * 0.065 * 1210 = 2359 kg$$

وهكذا فإن حجم الفراغات التـــي أحدثتها وتشغلها نفايات الخشب في القرميد

$$V_p = \frac{m_{n.k} - m_{p.k}}{\gamma'_o} = \frac{3393 - 2359}{1740} = 0.59 m^3$$

وعندها يكون مصروف (كمية) النفايات الخشبية اللازمة وزناً:

$$m'_p = V_p * \gamma''_o = 0.59 * 610 = 360 kg$$.

المسألة رقم 72:

في المناطق الفقيرة بالحصويات الطبيعية والمقالع يتم صنع حصويات صناعية من الغضار.

استخدم لأجل ذلك غضار ذو وزن حجمي $\gamma_{og} = 2550 kg/m^3$ وذلك عند رطوبة $w = 13.5\%$ تم الحصول على حصويات من الغضار المذكور بعد الشي وكان الوزن الحجمي الردمي لهذه الحصويات $\gamma'_{oG} = 450 kg/m^3$ تحتوي على نسبة فراغات $P = 44\%$.

احسب كم مرة يتضاعف حجم الغضار بالانتفاخ، إذا علمت أن كتلة الحصويات الناتجة تساوي كتلة الغضار المستخدم.

الحل: إن الوزن الحجمي للغضار الجاف:

$$\gamma'_{og} = \frac{\gamma_{og}}{1 + {}^{w}\!/_{100}} = \frac{2550}{1 + 0.135} = 2246 kg/m^3$$

والوزن الحجمي الوسطي للحصويات كقطع:

$$\gamma'_{oG} = \frac{\gamma_{oG}}{1 - {}^{P}\!/_{100}} = \frac{450}{1 - 0.44} = 804 kg/m^3$$

وهكذا فإن ازدياد حجم الغضار بالانتفاخ يتناسب طرداً مع النقص في وزنه الحجمي، فإذا تم نسب حجم الغضار إلى حجم الحصويات الناتجة عنه:

$$\frac{V_g}{V_G} = {}^{\gamma'_{og}}\!/_{\gamma'_{OG}} = 2246/804 = 2.79 \text{ مرة}$$

المسألة رقم 73:

عينة حجر طبيعي في حالتها الجافة بوزن $G = 250gr$ تم وضعها في أنبوب اختبار أسطوانـــي مدرج فارتفع نتيجة لذلك منسوب الماء في الأنبوب بكمية $100cm^3$. وبعد ذلك أخرجت العينة من الأنبوب وتم مسح سطحها بالقماش وأعيد وضعها في أنبوب اختبار مدرج آخر فارتفع منسوب الماء في الأنبوب هذه المرة بمقدار $125cm^3$، بعد ذلك أخرجت العينة من الأنبوب وتم تجفيفها تماماً ووضعت تحت جهاز الضغط الهيدروليكي لاشباعها بالماء فتبين أن كمية الماء التـــي امتصتها العينة $33gr$.

وبعدها استخرجت العينة وجففت تماماً وتم سحقها وطحنها لقياس الحجم المطلق (دون فراغات أو مسامات أو رطوبة) فتبين أنه يساوي $V = 90cm^3$.

احسب 1 – الوزن الحجمي لمادة الحجر الطبيعي في الحالة الجافة.

2- امتصاص الماء وزناً وحجماً.

3- الوزن النوعي للمادة الحجرية.

4- المسامية المفتوحة والمسامية الكلية.

الحل: إن حجم العينة الحجرية يساوي حتماً حجم الماء المزاح بالعينة أي يساوي $V = 125m^3$.

- الوزن الحجمي للعينة في الحالة الجافة $\gamma_o = \frac{250}{125} = 2gr/cm^3$.

- امتصاص الماء وزناً $W_G = \frac{125-100}{250} * 100 = 10\%$.

- امتصاص الماء حجماً $W_V = \frac{125-100}{125} * 100 = 20\%$.

- الوزن النوعي $\gamma = \frac{250}{90} = 2.78gr/cm^3$

- المسامية الكلية $P_a = \frac{2.78-2}{2.78} * 100 = 28\%$

- امتصاص الماء تحت الضغط الهيدروليكي وذلك حجماً $W_p = \frac{33}{125} * 100 = 26.4\%$

- المسامية المفتوحة $Po = 26.4\%$.

وبمقارنة امتصاص الماء حجماً مع المسامية المفتوحة نجد أن $26.4 * 0.9 > 20\%$ أي أن امتصاص الماء حجماً أقل من المسامية المفتوحة وهو أقل من 90% من حجم المسامات المفتوحة. وهذا ما يؤكد أن المادة مقاومة للصقيع وما ذكر أعلاه هو الشرط الهندسي لمقاومة أحجار البناء للصقيع.

المسألة رقم 74:

إذا علمت أن الوزن الجاف لعينة حجر كلسي $G = 300gr$ وبعد اشباعها بالماء أصبح الوزن $G_1 = 308gr$ والوزن الحجمي للحجر الكلسي هو $\gamma_o = 2400kg/m^3$. احسب امتصاص الماء وزناً وحجماً. واحسب هذا الامتصاص (الرطوبة) النسبية منها والمطلقة واحسب المسامية المفتوحة والمسامية العامة (الكلية) للحجر الكلسي.

الحل: إذا كان 2400kg من الحجر الكلسي الجاف يشغل حجماً مقداره $1m^3$ فإن $G = 300gr$ تشغل حجماً يساوي: $300/2.4 = 125cm^3$ ومنه:

الرطوبة وزناً: $W_g = \frac{308-300}{300} * 100 = 2.67\%$

الرطوبة حجماً: $W_v = \frac{308-300}{125} * 100 = 6.4\%$

وبما أن إشباع عينة الحجر الكلسي تم دون ضغط هيدروليكي وبما أن الوزن النوعي غير معطى في هذه المسألة فإن حساب المسامية المفتوحة والمسامية الكلية غير ممكن.

المسألة رقم 75:

عينة غرانيت ذات وزن حجمي $\gamma_o = 2700kg/m^3$ وكان الامتصاص الكامل للماء (أي إشباع العينة بالماء تحت الضغط) مساوياً $Wa = 3.71\%$ وزناً.

احسب الوزن النوعي للغرانيت وهل يمكن اعتبار هذه الطريقة في حساب الوزن النوعي طريقة مقبولة من حيث الدقة؟

الحل: إن كمية الماء التـي يمتصها $1m^3$ من الغرانيت حسب المسألة تساوي:

$$W = 2700/0.0371 = 100kg = 100dm^3$$

ومنه فإن حجم المادة الصلبة في 1m3 يساوي:

$$V_h = 1000 - 100 = 900dm^3$$

ومنه الوزن النوعي $\gamma = \frac{2700}{900} = 3000kg/m^3$

إن هذه الطريقة لاتعتبر دقيقة بالقدر المطلوب، وذلك لأن إشباع العينة بالماء لايعنـي أن جميع المسامات قد امتلأت بالماء ولذلك فإن حجم الفراغات أكبر من $100\ dm^3$ بالتأكيد.

المسألة رقم 76:

عينة حجرية لها التركيب الكيميائي التالي:

$$Al_2O_3 - 5\%;\ SiO_2 - 55\%;\ CaO - 20\%$$

وعند تعريضها للحرق في الفرن (حرارة $1000°$) كان الفاقد 20%. وبمعالجة عينة من

المادة بالحمض (كلور الماء) وجد أن هناك فحمات الكالسيوم الحامضية $Ca(HCO_3)_2$ التـي (تنحل في الماء أكثر بمقدار 100 مرة من الكالسيت). وبالتحليل من المفترض أن $CaCO_3$ هو المركب الوحيد في تركيب هذا الحجر الذي يحتوي على الكالسيوم دون أي مركب آخر، واستناداً لذلك زب تحديد التركيب الفلزي (المنرالي) الذي يمكن من خلاله تحديد ماهية واسم هذه المادة المدروسة.

الحل: انطلاقاً من التفاعل بالحرق (أثناء الاحتراق وبنتيجته) $CaCO_3 = CaO + CO_2$ وبمجموع الأوزان الجزيئية $44 + 56 = 100$ يمكننا تحديد كمية CaCO3 انطلاقاً من كمية CaO وفق:

$CaO = 20 * \frac{100}{56} = 35.7\%$ وبالتوافق وبما أن الفاقد بالحرق 20%:

$20 * \frac{44}{56} = 15.7\%$ والجزء الآخر من الفاقد بالحرق والمساوي: $20 - 15.7 = 4.3\%$ يمكن أن ننسبه إلى الكاولينيت $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ ويصبح الوزن الجزيئي :

$$102 + 120 + 36 = 258$$

وبالأخذ بعين الاعتبار أن نسبة $Al_2O_3 = 5\%$ نستطيع أن نحسب الكاولينيت:

$5 * \frac{258}{102} = 12.6\%$ وكذلك السيلكا: $5 * \frac{120}{102} = 6\%$، ويتبين أن السيلكا (الكوارتز) الحر يتبقى بنسبة: $55 - 6 = 49\%$. وهكذا وبما أن هذا الحجر المدروس يحتوي كما تبين على فحمات الكالسيوم الحامضية والرمل (الكوارتز) والغضار فإنه يمكن تسميته وتصنيفه "حجر رملي مارلي". انظر المسألة رقم (59) غير محلولة.

المسألة رقم 77:

بعد دراسة عينة من الغرانيت تم تحديد تركيبها كما يلي:

32% كوارتز، 58% فلدسبات (ارتوكلاز)، 10% ميكا. والمطلوب:

– تحديد نسبة السيليسيوم ونسبة الألومينا في تركيب الغرانيت.

إذا علمت أن في تركيب الميكا 50% سيليسيوم و30% ألومينا فما هو المركب الكيميائي

الغالب في تركيب الغرانيت.

الحل: إن الكوارتز يحتوي على 32% من SiO2، أما الأورتوكلاز فعلى (Al_2O_3، SiO_2).
وتتعلق نسبتهما طرداً مع وزنهما الجزيئي للأورتوكلاز ($K_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$) هو:

$94 + 102 + 6*60 = 556$ ويدخل في تركيب الغرانيت من الأورتوكلاز:

السيليس: $58*\frac{360}{556} = 37.5\%$

الألومينا: $58*\frac{102}{556} = 10.63\%$

ومن الميكا يدخل في تركيب الغرانيت:

السيليس بنسبة $10*0.5 = 5\%$

الألومينا بنسبة $10*0.3 = 3\%$

وهكذا بجمع المكونات في الغرانيت يصبح:

السيليس (SiO_2) $32 + 37.5 + 5 = 74.5\%$

الألومينا (Al_2O_3) $10.63 + 3 = 13.63\%$

ويتبين بالنتيجة أن المركب الغالب في الغرانيت هو السيليس.

المسألة رقم 78:

تبين بالتحليل أن التركيب الكيميائي لعينة حجر طبيعي هو كالتالي:

$Al_2O_3 = 16.46\%$; $SiO_2 = 71.97\%$; $CaO = 0.70\%$; $Na_2O = 2.95\%$; $K_2O=5.54\%$; $H_2O=2.42\%$.

وبالتحليل المينيرالي الذي جرى بشكل إضافي تبين وجود الفلزات التالية في تركيب نفس الحجر:

الكوارتز والميكا (الموسكوفيت) والأورتوكلاز، والألبيت $Na_2O . Al_2O_3 . 6SiO_2$، الأنورثيت $CaO . Al_2O_3 . 2SiO_2$.

احسب نسبة كل مينيرال على حدة في هذه العينة.

الحل: أولاً – صيغ المركبات:

i . الألبيت: $Na_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

ii. الأنورثيت: $CaO.Al_2O_3.2SiO_2$

iii. الموسكوفيت: $K_2O.3Al_2O_3.6SiO_2.2H_2O$

iv. الكوارتز: SiO_2

v. الأورتوكلاز: $K_2O.Al_2O_3.6SiO_2$

ثانياً – الوزن الجزيئي للفلذات:

i. الألبيت: 524 = 360 + 102 + 62

ii. الأنورثيت:

iii. الموسكوفيت: 796 = 18*2 + 60*6 + 102*3 + 94

iv. الكوارتز: 60

v. الأورتوكلاز: 556 = 360 + 102 + 94

ومن الملاحظ أن Na_2O موجود في الألبيت فقط، وأن CaO موجود في الأنورثيت فقط، ولهذا فمن المنطقي أولاً تحديد نسبة السيليكا والألومينا في الألبيت والأنورثيت:

في الألبيت:

$$2.95 * \frac{102}{62} = 4.85\% \quad Al_2O_3$$

$$2.95 * \frac{360}{62} = 17.13\% \quad SiO_2$$

في الأنورثيت:

$$0.7 * \frac{102}{56} = 1.27\% \quad Al_2O_3$$

$$0.7 * \frac{120}{56} = 1.5\% \quad SiO_2$$

وفي بقية الفلزات (في الأرتوكلاز والموسكوفيت):

الألومينا توجد بنسبة 10.3%= 1.27 – 4.85 – 16.46

السيلكا في بقية الفلذات (في الكوارتز والأورتوكلاز والموسكوفيت) توجد بنسبة 53.34% = 1.5– 17.13 – 71.97

وباعطاء الرمز X للنسبة المئوية المحتواة من الكوارتز، والرمز Y للنسبة المئوية المحتواة من الأورتوكلاز، والرمز Z للنسبة المئوية المحتواة من الموسكوفيت بدون ماء ننشئ المعادلات:

$$53.34 = X + Y * \frac{360}{556} + Z * \frac{360}{760} = X + 0.65Y + 0.47Z$$

$$10.30 = Y * \frac{102}{556} + Z * \frac{306}{760} = 0.183Y + 0.4Z$$

$$5.54(K_2O) = Y * \frac{94}{556} + Z * \frac{94}{760} = 0.17Y + 0.12Z$$

وبحل هذه المعادلات نحصل على:

الكوارتز 31.87%

الأورتوكلاز 21.16%

الموسكوفيت عديم الماء 16.26%

الموسكوفيت مع الماء $16.26 * \frac{796}{760} = 17\%$

الألبيت $2.95 + 4.85 + 17.13 = 24.97\%$

الأنورثيت $0.70 + 1.27 + 1.5 = 3.47\%$

وأما النسبة 2.27% فهي تذهب لوجود الماء والشوائب.

المسألة رقم 79:

لدينا عدة عينات من الحجر الكلسي وزنها G_1=50kg تم تسخينها من درجة حرارة $t_1 = 15^o$ إلى درجة حرارة $t_2 = 40^o$ واستهلك لذلك كمية من الحرارة المفيدة $Q = 260$ kcal.

بعد ذلك تم تبريد الحجر الكلسي ووضعه في الماء. بعد عدة أيام من بقاء العينات في الماء ازداد وزن الحجر الكلسي بمقدار 1kg. فإذا علمت أن الوزن الحجمي للحجر الكلسي المدروس في هذه المسألة هو $\gamma_{od} = 2000 kg/m^3$ احسب:

السعة الحرارية النوعية لهذه المادة في الحالة الجافة.

هل تتغير السعة الحرارية للمادة بعد الترطيب وما هو مقدار هذا التغير.

السعة الحرارية الحجمية للحجر الكلسي.

الحل: السعة الحرارية النوعية:

$$C_o = \frac{Q}{G(t_2 - t_1)} = \frac{260}{50*(40-15)} = 0.21 kcal/kg.grad$$

إن امتصاص الحجر الكلسي للماء بعد بقائه في الماء لعدة أيام:

وزناً= $W = \frac{1(kg)}{50(kg)} * 100 = 2\%$

ويصبح معامل السعة الحرارية النوعية للحجر الكلسي الرطب:

$$C = C_o + 0.01W = 0.21 + 0.01*2 = 0.23 kcal/kg.grad$$

السعة الحرارية الحجمية للحجر الكلسي الجاف:

$$C_{od} = C_o * \gamma_d = 0.21 * 2000 = 420 kcal/kg.grad$$

السعة الحرارية الحجمية للحجر الكلسي الرطب:

$$C_{ow} = C * \gamma_{ow} = 0.23 * 2040 = 469.2 kcal/kg.grad$$

حيث γ_{ow} الوزن الحجمي للحجر الكلسي الرطب ويساوي:

$$\gamma_{ow} = \frac{G_2}{G_1} * \gamma_{od} = \frac{51}{50} * 2000 = 2040 kg/m^3$$

المسألة رقم 80:

جدار من الحجر الكلسي بسماكة b = 50cm وارتفعت رطوبته نتيجة العوامل الجوية والأمطار.

لتصل إلى 2%. فإذا علمت أن الوزن الحجمي للحجر الكلسي $2000 kg/m^3$ فبين كيف تتغير المقاومة الحرارية لهذا الجدار.

الحل: نفترض معامل ناقلية الحرارة للحجر الكلسي λ_o مساوياً 1 أي:

$$\lambda_o = 1 kcal/m.h.grad$$

عندها تكون المقاومة الحرارية للجدار:

$$f_1 = \frac{b}{\lambda_o} = \frac{0.5}{1} = 0.5 m^2.h.grad/kcal$$

ويمكن حساب معامل ناقلية الحرارة للحجر الكلسي الرطب بالعلاقة:

$$\lambda_w = \lambda_d + \Delta\lambda * w_o$$

حيث: λ_d معامل الناقلية الحرارية للحجر الكلسي الجاف

$\Delta\lambda$ التغير الحاصل على معامل الناقلية الحرارية للحجر الكلسي نتيجة الترطيب في درجات الحرارة الموجبة ويساوي $\Delta\lambda = 0.00197$ ومنه:

$$\lambda_w = 1 + 0.00197 * 2 = 1.00394 kcal/m.h.grad$$

فتكون المقاومة الحرارية للجدار الرطب:

$$f_2 = \frac{0.5}{1.00394} = 0.497 m^2.h.grad/kcal$$

وهكذا يتضح أن خواص العزل الحراري (المقاومة الحرارية) لهذه المادة قد تغيرت للأسوأ أي أن الحجر الكلسي أصبح أقل عزلاً للحرارة نتيجة للترطيب.

مسائل غير محلولة ـ الأحجار الطبيعية والسيراميكية

مسألة 55:

عند اختبار مكعبات من الصخر الرملي بوزن حجمي $\gamma_o = 1900 kg/m^3$ بطول ضلع 15cm على مكبس هيدروليكي مساحة منصّة المكبس $570cm^2$، حيث توقف مؤشر المكبس للمكعبات في الحالة الجافة عند قيمة 15MPa وتوقف نفس المؤشر للمكعبات في الحالة المشبعة بالماء عند قيمة 12MPa، حيث تبين أن وزن العينة المكعبية بعد التشرب بالماء أصبح 6.9kg:

حدد نوعية هذا الصخر (حد المتانة على الضغط كرقم مدور).

احسب معامل التطرية ونسبة امتصاص الماء لهذا الصخر.

هل يمكن استخدام هذه المادة في بناء السدود والمنشآت المائية، علماً أن الصخر الرملي المستخدم لإنشاء السدود يجب أن لا تقل مقاومته على الضغط عن 15MPa ولا يقل وزنه الحجمي عن $1800kg/m^3$ ومعامل التطرية لا يقل عن 0.75 وامتصاص الماء لا يزيد عن 2%.

مسألة 56:

أي الصخور الاندفاعية الثلاثة التالية: الدونيت أم الغابرو أم الغرانيت يجب أن يكون أكثر ثباتاً ومقاومة للأحماض إذا علمت أن التركيب الكيميائي الوسطي لهذه الصخور هو:

الصخر	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O
الدونيت	40.49	0.02	0.86	2.84	5.54	46.32	0.70	0.10	0.04	3.88
الغابرو	48.24	1.17	17.88	3.16	5.45	7.51	10.99	2.55	0.89	1.62
الغرانيت	70.18	0.39	14.47	2.57	1.78	0.88	1.99	3.48	4.11	0.84

مسألة 57:

إن فلز (منرال) الكاولينيت (Al2O3 . 2SiO2 . 2H2O) الذي يكوّن الغضار يتشكل في الطبيعة بنتيجة تحلل الفيلدسبار بتأثير العوامل الجوية وتحديداً من الأورتوكلاز ($K_2O \cdot Ai_2O_3 \cdot 6SiO_2$).

احسب كمية الكاولينيت المتشكل نتيجة للتفكك الكامل لكمية 250t من الأرتوكلاز وذلك وفق التفاعل الكيميائي التالي:

$$K_2O \,.\, Al_2O_3 \,.\, 6SiO_2 + nH_2O + CO_2 = Al_2O_3 \,.\, 2SiO_2 \,.\, 2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2 \,.\, mH_2O$$

مسألة 58:

بنتيجة التحليل الكيميائي للمعادن التـــي تشكل عينة الصخر المدروس تبين أن هذه العينة تحتوي على 35.5% CaO وعلى 7% Al_2O_3 وعلى 35% SiO_2 وكذلك بالتحليل بأشعة X (رونتجن) تبين أن أهم الفلزات التـــي تدخل في تركيب العينة هي الكالسيت والكاولينيت والكوارتز.

حدد نسب هذه الفلزات (المنرالات) التـــي تشكل هذا الصخر.

مسألة 59:

لدينا عينات من صخور كاربوناتية غضارية تحتوي على التوالي على نسبة 5.5%CaO، 27.8% CaO، 47.8%CaO.

ضع التسمية المناسبة لهذه الصخور باستخدام جدول تصنيف الصخور الكاربوناتية الغضارية التالي:

تسمية الصخر	نسبة $CaCO_3$%
حجر كلسي (الحجر الجيري)	95 – 100
حجر كلسي غضاري	75 – 95
مارل	50 – 75
مارل غضاري	25 – 50
غضار كلسي	5 –25
غضار	0 – 5

مسألة 60:

لتحضير الطابوق القرميدي بمقاسات 250*120*88mm وبفراغات ذات مقطع مستطيل عددها في كل قرميدة 18 وأبعاد نصف هذه الفراغات أي 9 فراغات هي 12*35mm والنصف الآخر لهذه الفراغات بأبعاد 12*46mm، تم استخدام الغضار بنسبة رطوبة 13.5%.

فإذا علمت أن الضياع من كتلة الغضار الجاف نتيجة الشي بلغت نسبته 7.5% فما هي كتلة الغضار اللازم لانتاج 50000 قطعة قرميد بالمواصفات المذكورة أعلاه وبوزن حجمي وسطي $1480kg/m^3$، علماً أن هناك نسبة للقرميد التالف نتيجة التحميل والتنـــزيل والإنتاج بشكل عام تصل إلى 2%.

مسألة 61:

احسب كم قطعة بلوك قرميدي بأبعاد 65mm * 120 * 250 يمكن أن يتم تصنيعها من كمية $1000m^3$ من الغضار ذي الوزن الحجمي $\gamma_{oc} = 1710kg/m^3$ بنسبة رطوبة 12.4% علماً أن الفاقد بالحرق من كتلة الغضار الجاف 9.5%، واحسب كم هو العدد الإضافي الذي يمكن الحصول عليه من نفس الكمية إذا ما تم تفريغ كل بلوكة (قرميدة) بواقع 60 فتحة أسطوانية بقطر 14mm في كل قرميدة إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي لهذا القرميد $\gamma_o = 1650kg/m^3$.

مسألة 62:

إذا علمت أن المقاومة الحرارية (العزل الحراري) المسموحة للأبنية السكنية تساوي $0.95 m^2.c°/wt$. ومن خلال التفكير الهندسي بالعزل الحراري للأبنية.

ما هي سماكة الجدار المنفذ من بلوك قرميدي عادي وزنه الحجمي $\gamma_o = 1700 kg/m^3$ وما هي السماكة إذا كان الوزن الحجمي لهذا القرميد $\gamma'_o = 1550 kg/m^3$ وإذا كان $\gamma''_o = 1350 kg/m^3$ فما هو مقدار سماكة الجدار.

مسألة 63:

ما هو الوزن الأعظمي (الكتلة) الممكن لطابوق سيراميكي واحد بأبعاد 250*120*65mm في جدار سماكته 64cm أو 51cm أو 38cm إذا علمت أن المقاومة الحرارية (العزل) في كل الأحوال تساوي $0.95 m^2.c/wt$.

مسألة 64:

لتخفيف وزن الطابوق القرميدي تستخدم نفايات خشبية أثناء تحضير خلطة القرميد وتحترق قطع النفايات هذه أثناء شي القرميد مخلفة مكانها فراغات في القرميدة (الطابوق).

ما هو الوزن الحجمي الوسطي للطابوق القرميدي بأبعاد 250*120*65mm الذي يمكن الحصول عليه إذا كانت كتلة قطع نفايات الخشب المستخدمة 350kg وقد استخدمت لتحضير 1000 قطعة قرميد، إذا علمت أن الوزن الحجمي لقطع نفايات الخشب دون الفراغات بينها $605 kg/m^3$ وأن قطع نفايات الخشب قد احترقت بالكامل علماً بأن وزن القرميدة الواحدة دون الفراغات يساوي 3.3kg.

مسألة 65:

ما هي كتلة الغضار اللازمة للحصول على 1000 قطعة سيراميك بأبعاد 290*140*10mm ونسبة فراغات 8% لاستخدامها في إكساء الواجهات، إذا علمت أن الوزن النوعي للسيراميك بعد الحرق $2.59 gr/cm^3$ والضياع في كتلة الغضار نتيجة الحرق والتجفيف 13.5%.

البحث الثالث

المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية)
الجص ـ الكلس ـ الاسمنت

يعتبر جص البناء وكذلك الكلس المستخدم كمادة قابضة في الخلطات المحضرة منه، يعتبران مواداً قابضة هوائية.

ويعرف **الجص** بأنه: المادة القابضة الجصية المكونة بشكل أساسي من الكريستالات $CaSO_4.0,5H_2O$ والتـــي يتم الحصول عليها بحرق المواد الأولية (الصخور) الحاوية على الجص في أفران دوارة أو أفران عادية.

وعادة يتم تقييم جودة جص البناء من خلال نعومته (سطحه النوعي) ولزوجته النظامية (علاقته المحددة مع الماء) وكذلك زمن بداية ونهاية الأخذ والتصلب إضافة لمتانته (مقاومته) على الضغط والشد بالانعطاف.

حيث يمكن تحديد نعومة جص البناء بواسطة جهاز يحتوي مع مهزات (مناخل) بفتحات ذات قطر 0.2mm ويعتبر الجص **خشناً** عندما يتبقى من عينته المعرضة للنخل على المهزة أكثر من 30%، ويعتبر متوسط **النعومة** عندما يتبقى من عينته المعرضة للنخل على المهزة أكثر من حيث يمكن تحديد نعومة جص البناء بواسطة جهاز يحتوي على مهزات (مناخل) بفتحات ذات قطر 15%، ويعتبر **ناعماً** عندما لا يتبقى من عينته المعرضة للنخل على المهزة أكثر من 2% وهو الأفضل.

ويمكن أن تصل المقاومات على الضغط لعينات محضرة بوجود الجص كمادة قابضة لأكثر من $200\ kg/cm^2$ كما يمكن أن تصل مقاومات العينات المحضرة لاختبارات الانعطاف لقيمة $80\ kg/cm^2$، وتحسب مقاومة الانعطاف للجص بالعلاقة:

$$F_{iz} = 0.0234\overline{F_P}$$

حيث: F_{iz} مقاومة الانعطاف لعينات جصية نظامية.

F_P مقاومة الضغط لعينات جصية نظامية.

أما **كلس البناء** فهو ناتج حرق الصخور الكلسية الحاوية على الكالسيت والمغنزيت والمكونة بشكل أساسي من أكاسيد الكالسيوم.

وتجري أهم الاختبارات لتحديد محتوى الأكاسيد الفعالة (النشيطة) وبشكل أساسي أوكسيد الكالسيوم وأوكسيد المغنزيوم التي تشكل النشاط الكلسي وكذلك تحديد نسبة الماء المتفاعل وCO_2. ونسبة الحبات غير المطفأة وحرارة وزمن إطفاء الكلس والتغير المنتظم في الحجم وللكلس المائي تتم تجارب تحديد الرطوبة أيضاً أما للكلس المطحون الناعم فيجب إجراء تجارب النعومة (درجة الانتشار).

كما يجدر التنويه بأن تجارب دراسة خواص الإسمنت تجري بشكل رئيسي على الكلينكر المطحون الذي يتم الحصول على الإسمنت البورتلاندي منه.

مسائل محلولة:

المسألة رقم 81:

لدينا 10t من الأحجار الجصية (الجبصين) $CaSO_4.2H_2O$ فإذا علمت أن الأوزان الذرية للعناصر مدرجة في الجدول رقم (10)، المطلوب:

احسب كمية جص البناء ذي نصف جزيء ماء $CaSO_4.0,5H_2O$ التـــي يمكن الحصول عليها من الكمية المذكورة أعلاه.

الحل: نحسب أولاً الأوزان الجزيئية للمركبات:

$$CaSO_4.2H_2O = CaSO_4.0,5H_2O + 1.5H_2O$$

$$172.13 = 145.13 + 27$$

ومنه: كمية الجص ذي نصف جزيء ماء والتـــي يمكن الحصول عليها من كمية 10t من الحجر الجصي $CaSO_4.2H_2O$ تساوي:

$$10000 * \frac{145.13}{172.13} = 8431kg$$

الجدول (10): الأوزان الذرية للعناصر الداخلة في تركيب مواد البناء

العنصر	الوزن الذري	العنصر	الوزن الذري
الألمنيوم Al	26.97	النحاس Cu	63.57
الهيدروجين H	1.00	الصوديوم Na	23.00
الحديد Fe	55.84	الكبريت S	32.06
البوتاسيوم K	39.10	الكربون C	12.00
الكالسيوم Ca	40.07	الفوسفور P	31.02
الأوكسجين O	16.00	الفلور F	19.00
السيليس Si	28.06	الكلور Cl	35.46
المغنـــزيوم Mg	24.32	الزنك Zn (التوتياء)	65.38
المنغنيز Mn	54.93		

المسألة رقم 82:

احسب بالنسبة المئوية (%) كمية الماء المرتبط كيميائياً بكمية 1t من الجص ذي نصف جزيء ماء إذا افترضنا أن عملية الحلمهة (الذوبان) تمت بشكل كامل (الأوزان الذرية للعناصر في الجدول 10).

الحل: يوجد في 1000kg من الجص $CaSO_4.0,5H_2O$ كمية ماء $0.5H_2O$ هي:

145 -----1000

9 ----- X

$$X = \frac{9000}{145} = 62litr \quad \text{او} \quad 62kg$$

ولتشكل الجص ثنائي الماء نحتاج إلى كمية إضافية من الماء $1.5H_2O$ تساوي:

62 * 3 =186kg أو 186 L

وهكذا فإن وزن الجص المتفاعل بشكل كامل سيصبح مساوياً:

$1000 + 186 = 1186kg$

أما كمية الماء في الجص ثنائي الماء فتساوي:

$186 + 62 = 248\ (L) = 248kg$ وهذا يشكل نسبة مئوية مقدارها:

$1186 = 100\%$

$248 = X$

$$X = \frac{24800}{1186} = 20.9\%$$

المسألة رقم 83:

تم تصنيع قواطع جدارية (جدران) من الجص وكانت رطوبتها بعد أن جفت 12% وذلك من وزن المادة الجافة. فإذا علمت أن الجص ينتفخ بمقدار 1% أثناء تصلبه والوزن النوعي للجص ذي نصف جزيء ماء $\gamma = 2.60 gr/cm^3$ والوزن النوعي للجص المتصلب $2.30 gr/cm^3$ وذلك بتركيب 1 جص نصف مائي و0.5 ماء والمطلوب:

احسب الوزن الحجمي والمسامية لهذه الجدران.

الحل: إن عملية تصلب الجص (الجبصين) تترافق مع المعادلة التالية:

$$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O + 1.5H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

$$145 \quad + \quad 27 \qquad = 172$$

ونسبة إلى الجص ذي نصف جزيء ماء (نصف المائي) فإن كمية الماء اللازمة للتفاعل كإضافة:

$$\frac{27}{145} = 0.186$$

ومنه الحجم المطلق للعجينة الجصية:

$$V_G = \frac{1}{2.6} + 0.50 = 0.884\ m^3$$

وذلك بالعودة للتركيب المؤلف من 1 جص و0.5 ماء كنسب.

وأيضاً الحجم المطلق للحجر الجصي:

$$V_b = \frac{1+0.186}{2.30} = 0.516\ m^3$$

وهكذا فإن كثافة الحجر الجصي المتصلب:

$$\frac{V_b}{V_G} = \frac{0.516}{0.884*1.01} = 0.57 gr/cm^3$$

وتم الضرب في مخرج الكسر بالرقم 1.01 لأخذ الانتفاخ بالاعتبار، ومنه يتضح المسامية = 0.43 أي 43%.

ولحساب الوزن الحجمي للجدران من الحجر الجصي نأخذ بالاعتبار أن ازدياد الحجم للحجر الجصي عند التصلب بمقدار 1.01 يؤدي إلى وزن حجمي يساوي:

$$\gamma_o = \frac{1+0.186}{0.884*1.01} * 1.12 = 1.478 gr/cm^3$$ أو $1478\ kg/m^3$

المسألة رقم 84:

ما هي كمية الكلس النقي (الحجر الكلسي) برطوبة 5% واللازمة للحصول على 10 طن من الكلس غير المطفأ.

الحل: للحصول على كمية 10 طن من الكلس غير المطفأ يجب حرق كمية من الحجر الكلسي وفق:

$$CaCO_3 = CaO + CO_2\uparrow$$

$$100 = 56 + 44$$

ومنه $10000 * \frac{100}{56} = 17850 kg$

وهذه هي الكمية اللازمة من الحجر الكلسي النقي، ولكن لدينا ومن شروط المسألة أن رطوبة الحجر الكلسي 5% وبأخذ هذه الكمية بالاعتبار يصبح:

$$17850 + (17850 * 0.05) = 18742 kg$$

المسألة رقم 85:

احسب حجم الفرن الأرضي اللازم للحصول على 20t من الكلس غير المطفأ يومياً إذا

علمت أن الوزن الحجمي للأحجار الكلسية $\gamma_0 = 1700 kg/m^3$ وإن الوقود اللازم (الفحم أو غيره) يشغل حجماً مقداره 25% من الحجم الكلي للفرن وإن عملية التحضير كل مرة (الدورة الواحدة للفرن) تحتاج ليومين.

الحل: للحصول على كمية 20t من الكلس غير المطفأ في اليوم نحتاج لكمية من الحجر الكلسي وفق:

$$20 * \frac{100}{56} = 35.7t$$ (انظر المسألة السابقة)

ومنه حجم الحجر الكلسي: $\frac{35.7}{1.7} = 21m^3$

أما حجم الفرن الأرضي اللازم لكمية الحجر الكلسي فقط مع الأخذ بعين الاعتبار أن العملية تحتاج ليومين، وعندها يجب مضاعفة حجم الفرن لتحضير الكلس لتتم العملية بيوم واحد فيصبح حجم الفرن:

$$21 * 2 = 42m^3$$

وبإدخال كمية الوقود اللازمة والتـــي تشكل 25% من الحجم الكلي للفرن يصبح الحجم:

$$V + 0.25V = 42$$
$$(1 - 0.25)V = 42$$
$$V = \frac{42}{0.75} = 56m^3$$

المسألة رقم 86:

احسب معامل خروج العجينة الكلسية واحسب ذلك وزناً وحجماً إذا علمت أن الكمية المستخدمة من الكلس غير المطفأ 1t وأن الكلس غير المطفأ يتميز بنشاط سببه نسبة CaO ومقدارها 70% ونسبة الماء في العجينة 50% من الوزن الكلي، الوزن الحجمي للعجينة الكلسية $1400kg/m^3$.

الحل: نعلم أنه من 1 غرام مول كلس غير مطفأ وفق التفاعل يتم الحصول على كلس مطفأ:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

$$56 + 18 = 74$$

ومن 1 طن من الكلس غير المطفأ نحصل على:

$$1000 * \frac{74}{56} = 1321kg$$

وبما أن النشاط الكلسي يشكل 70% وذلك النشاط يعود كما ذكرنا لنسبة CaO فإن كمية الكلس المتفاعلة (الذائبة في الماء) تساوي:

$$1000 * \left(\frac{74}{56} * 0.7 + 0.3\right) = 1225kg$$

والرقم 0.3 يعبر عن الكمية غير المتفاعلة ولكنها موجودة داخل الكلس المطفأ.

من شروط المسألة نعلم أن الكلس يشكل 50% من العجينة وزناً والماء 50%.

ومنه فإن كمية 1225kg من الكلس المائي تحتاج إلى نفس الكمية 1225kg من الماء وعندها تشكل العجينة الكلسية 2450kg (وزناً) أو تشكل العجينة الكلسية حجماً:

$$\frac{2450}{1400} = 1.75m^3$$

المسألة رقم 87:

الكلس المائي: (المقصود به هو مسحوق بودرة الكلس التـــي تم إطفاؤها مسبقاً وعادة ما تكون نسبة CaO الحر فيه عالية). ما هي كمية الكلس المائي اللازمة لتحضير $1m^3$ خلطة كلسية بوزن حجمي $1400kg/m^3$ إذا علمت أن الوزن النوعي للكلس المائي 2.0.

الحل: نرمز لكمية الكلس اللازمة (بالكغ) للخلطة بالرمز X فتكون كمية الماء W اللازمة:

$$W = 1400 - X$$

ونعلم أن مجموع الحجوم المطلقة للكلس المائي والماء تساوي $1m^3$ وعندها:

$$\frac{X}{2} + \frac{1400 - X}{1} = 1000 \Rightarrow$$
$$X = 800kg$$

حيث 2.0 هو الوزن النوعي للكلس المطفأ.

المسألة رقم 88:

يراد تحضير حجر اسمنتــي واستخدم لذلك اسمنت بورتلاندي تركيبه الفلزي:
$C_3S - 50\%; C_2S - 25\%; C_3A - 5\%; C_4AF - 18\%,$ والمطلوب حساب كمية الماء المرتبط كيميائياً (المتفاعل) ولأجل ذلك يتوجب بيان نواتج الفلزات الكلينكرية.

الحل: من أجل حل هذه المسألة يجب التطرق إلى تفاعلات تصلب كلينكر الاسمنت البورتلاندي. ويمكن أن نعتبر أن هذه التفاعلات هي وفق المينيرالات المذكورة أعلاه:

1 – $3CaO.SiO_2 + 5H_2O = 2CaO.SiO_2.4H_2O + Ca(OH)_2$

2 – $2CaO.SiO_2 + 2H_2O = 2CaO.SiO_2.2H_2O$

3 – $3CaO.Al_2O_3 + 6H_2O = 3CaO.Al_2O3.6H_2O$

4 – $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3 + 2H_2O = CaO.Fe_2O_3.H_2O + 3CaO.Al_2O_3.H_2O$

وهكذا فإن الماء موجود في كل مركب بنسبة %:

1 – في المركب $3CaO.SiO_2.5H_2O$ يكون:

$$3\,(40 + 16) + (28 + 32) + 5\,(2 + 16) = 318$$

الماء كما هو ملاحظ $5\,(2 + 16)$ فيكون:

$$W = \frac{90}{318} * 100 = 28.3\%$$

2 – في المركب 2CaO.SiO2.2H2O يكون:

$$2\,(40 + 16) + (28 + 32) + 2\,(2 + 16) = 208$$

والماء كما هو ملاحظ: $2\,(2 + 16)$

ومنه: $W = \frac{36}{208} * 100 = 17.3\%$

3 – في المركب 3CaO.Al2O3.6H2O يكون:

$$3\,(40 + 16) + (53.94 + 48) + 6\,(2 + 16) = 378$$

والماء $6\,(2 + 16) = 108$

ومنه نسبة الماء لهذا المركب: $W = \frac{108}{378} * 100 = 28.5\%$

4 - في المركب $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$ يكون:

$$4\,(40 + 16) + (53.94 + 48) + (111.68 + 48) + (2 + 16) = 633$$

الماء كما هو ملاحظ $2\,(2 + 16) = 36$

ومنه $W = \frac{36}{633} * 100 = 5.68\%$

وبالنتيجة فإن كمية الماء اللازمة لتصلب كل مركب حسب نسبته:

1 - من أجل $C_3S = 50\%$:

$$W = \frac{50 * 28.3}{100} = 14.15\%$$

2 - من أجل $C_2S = 25\%$

$$W = \frac{25 * 17.3}{100} = 4.3\%$$

3 - من أجل $C_3A = 5\%$

$$W = \frac{5 * 28.3}{100} = 1.4\%$$

4 - من أجل $C_4AF = 18\%$

$$W = \frac{18 * 5.68}{100} = 1.02\%$$

وكامل النسبة للماء $W = 14.15 + 4.3 + 1.4 + 1.02 = 20.87 \approx 21\%$

إذاً يتبين أن نسبة الماء المرتبط كيميائياً تساوي تقريباً 21%. ولكن يجب التأكيد على أنه للحصول على عجينة ذات لدونة مقبولة (متحركة ومطاوعة) فإنه عادة ما تضاف كميات من الماء أكبر من ذلك بعدة مرات.

المسألة رقم 89:

إذا علمت أن الوزن النوعي للاسمنت $3.1 gr/cm^3$ وتم تحضير عجينة اسمنتية احتوت على نسبة ماء 28% وكانت نسبة الماء المتفاعل (المرتبط كيميائياً) تساوي 20% من وزن الاسمنت. احسب المسامية الحاصلة (المتشكلة) في الحجر الاسمنتي.

الحل: من الواضح أن العجينة الاسمنتية تتشكل من جزء واحد من الاسمنت و0.28 جزء من الماء ومنه:

فإن الحجم المطلق للعجينة الاسمنتية يصبح مساوياً:

$$V = \frac{1}{3.1} + 0.28 = 0.60$$

والحجم المطلق للحجر الاسمنتي:

$$V_1 = \frac{1}{3.1} + 0.2 \approx 0.52$$

ومنه كثافة الحجر الاسمنتي:

$$\frac{V_1}{V} = \frac{0.52}{0.60} = 0.86$$

وهكذا يتضح أن سـ امية 0.14 أو 14%.

المسألة رقم 90:

احسب المسامية في العجينة الإسمنتية المتصلبة والحاوية على الإسمنت البورتلاندي والحاوية على الماء بنسبة 40% علماً أن نسبة الماء اللازمة لحصول التفاعل هي 18% والوزن النوعي للإسمنت البوزولانـــي 2.95.

الحل: تتألف العجينة الاسمنتية من جزء واحد من الإسمنت و0.4 جزء من الماء وزناً.

ومنه فإن الحجم المطلق الذي تشغله العجينة الاسمنتية:

$$V = \frac{1}{2.95} + 0.40 = 0.74$$

الحجم المطلق الذي يشغله الحجر الاسمنتي:

$$V = \frac{1}{2.95} + 0.18 = 0.52$$

ومنه كثافة الحجر الاسمنتي:

$$\frac{V_1}{V} = \frac{0.52}{0.74} = 0.7$$

ويتضح أن المسامية تساوي 0.3 أو 30%

المسألة رقم 91:

لإنتاج الإسمنت البورتلاندي لدينا الحجر الكلسي والغضار بتركيب كيميائي كما هو موضح:

التسمية	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
الحجر الكلسي	48	5	8	1	0.7
الغضار	6	1	55	10	6

فإذا كان معامل الإشباع المطلوب هو $K = 0.90$ للإسمنت المراد تحضيره فما هي:

نسب الغضار والحجر الكلسي المطلوبة.

إذا علمت أن حساب معامل الإشباع وفق المواصفات السورية وغيرها يتم حسب:

$$K = \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3}{2.8SiO_2} = 0.90$$

فاشرح لماذا مجموع النسب الداخلة في التركيب لا يساوي 100%.

الحل: نرمز لنسبة الغضار إلى الحجر الكلسي بـ $\frac{1}{X}$ فيكون لدينا:

$$K = \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3}{2.8SiO_2} = 0.90$$

ومن جدول التركيب الكيميائي:

$$K = \frac{6 + 48X - 1.65(10 + X) - 0.35(6 + 0.7X)}{2.8(55 + 8X)} = 0.90$$

ومنه $X = 2.3$

فتصبح نسبة الغضار إلى الحجر الكلسي $\frac{1}{2.3}$

أما مجموع النسب فإنه لا يساوي 100% لأن الاتحادات الموجودة في الجدول لهذه المسألة وفي المواصفات جميعها تدرج بشكل أكاسيد، وأما في الطبيعة فإنها توجد بشكل فحمات حامضية أو اتحادات مائية.

المسألة رقم 92:

نعلم أنه يتم الحصول على جص البناء $CaSO_4.0,5H_2O$ (كبريتات الكالسيوم نصف المائية) من الحجر الجصي $CaSO_42H_2O$ بالتسخين ويتم أيضاً الحصول على أساس الإسمنت الانهدريتـــي $CaSO_4$ كبريتات الكالسيوم بدون ماء من نفس المصدر.

احسب خروج جص البناء وكذلك الرابط الانهدريتـــي الناتج عن معالجة 1t من الأحجار الجصية من نوع متوسط الجودة رطوبتها 7%، إذا علمت أنها تحتوي على 80% من $CaSO_4.2H_2O$ وتحتوي في الشوائب على الغضار بنسبة 7% والرمل بنسبة 9% والشوائب الأخرى بنسبة 4% وهي شوائب محترقة (عضوية).

الحل: إن كتلة الحجر الجصي الجاف تساوي:

$$m_{G1} = 1000 * 0.93 = 930kg$$

وفي التفاعل الكيميائي الذي يتم للحصول على الروابط يشترك الجص ثنائي الماء بكتلة تساوي:

$$m_{G2} = 930 - 0.2 * 930 = 744kg$$

وإن صيغ تفاعل الحصول على جص البناء والرابط الانهدريتـــي هو:

$$CaSO_4 . 2H_2O = CaSO_4 . 0,5H_2O + 1.5H_2O$$

$$CaSO_4 . 2H_2O = CaSO_4 + 2H_2O$$

ومنه فإن كمية الجص نصف المائي وكذلك الانهدريتـــي في الجص البنائي وفي الرابط الانهدريتـــي والتـــي سيتم الحصول عليها من كمية 744kg من الجص يمكن حسابها من التناسب:

172 kg $CaSO_4.2H_2O$ -------- 145 kg $CaSO_4.0,5H_2O$

744 kg $CaSO_4.2H_2O$ ---------X kg

ومنه:

$$X(CaSO_4.0,5H_2O) = \frac{744 * 145}{172} = 627kg$$

وكذلك:

$$172\ kg\ CaSO_4.2H_2O \text{ --------} 136\ kg\ CaSO_4$$

$$744\ kg\ CaSO_4.2H_2O \text{ --------} X\ kg$$

ومنه:

$$X(CaSO_4) = \frac{744 * 136}{172} = 588kg$$

وتنتقل الشوائب أيضاً إلى الرابط بنسبة 16% من كتلة الحجر الجصي الجاف (حيث تحترق الشوائب العضوية) وهذا يعنـــي أن كتلتها تساوي 149kg، وهكذا يتضح أنه من 1t من الحجر الجصي يجب أن يتم الحصول على:

776 kg = 149 + 627 (حيث الرقم 149 هو نسبة 16% من كتلة الحجر الجصي الجاف) وهو خروج الرابط الأنهدريتـــي.

المسألة رقم 93:

ما هي كمية الفحم الحجري اللازمة للحصول على كمية 20t من الكلس غير المطفأ (CaO) وذلك بمعالجة الحجر الكلسي النقي $CaCO_3$ إذا علمت أن العطاء الحراري للفحم 6300 k cal/kg وإن كل 1 غرام مول من الحجر الكلسي يحتاج لكي يتفكك إلى 42.5kcal.

الحل: لتفكيك 1 غرام مول من الحجر الكلسي نحتاج إلى كمية من الحرارة وفق ما يلي:

$$CaCO_3 + 42.5 = CaO + CO_2 \uparrow$$

$$100 + 42.5\ kcal = 56 + 44$$

وبالتالي ومن أجل الحصول على 20t من الكلس الحي (غير المطفأ) نحتاج لكمية حرارة:

$$\frac{100 * 20000}{56} * 42.5 \approx 1520000kcal$$

أو:

من الفحم الحجري $\frac{1520000}{6300} = 241kg$

المسألة رقم 94:

ما هي الكمية المطلوبة من الحجر الكلسي النقي برطوبة 5% اللازمة للحصول على 10t

من الكلس الحي.

الحل: للحصول على 10t من الكلس الحي لابد من معالجة (حرق) كمية من الحجر الكلسي وفق:

$$CaCO3 = CaO + CO2 \uparrow$$

$$100 = 56 + 44$$

ومنه $10000 * \frac{100}{56} = 17850kg$

وهذه هي كمية الحجر الكلسي الجاف اللازم.

ولكن ومن شروط المسألة فإن رطوبة الحجر الكلسي 5% ولذلك فالحاجة الفعلية للحجر الكلسي هي:

$$17850 + (17850 * 0.05) = 18742kg$$

المسألة رقم 95:

إذا علمت أنه للحصول على 1 مول من الجص نصف المائي بنتيجة معالجة الجص ثنائي الماء يتوجب لذلك نظرياً كمية حرارة $q = 84$ kj، وللحصول على 1مول من الكلس الحي بمعالجة كربونات الكالسيوم يتوجب صرف كمية من الحرارة تساوي $q_1 = 190$kj. فما هي كمية الوقود (الافتراضي) اللازمة للحصول على 1t من $CaSO_4.0,5H_2O$ ونفس الكمية من CaO إذا علمت أن 1 طن من الوقود (المفترض) يعطي كمية من الحرارة تساوي 29330 كيلو جول.

الحل: إن الكتلة المولية للمركب: $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ تساوي 145 gr/mol.

وبالتالي فإن الحصول على 1 طن من الجص نصف المائي يتطلب:

$$Q = \frac{q * 1000}{0.145} = \frac{84 * 1000}{0.145} = 579310kj$$

وإن 1 طن من الوقود (المفترض) يعادل 29330 كيلو جول من الحرارة ومنه فإن الحصول على 1 طن من الجص نصف المائي يتطلب كمية من الوقود تساوي:

$$m = \frac{579310}{29330} = 19.75kg$$

وللحصول على 1 طن من CaO يلزم كمية من الوقود تساوي:

$$m_1 = \frac{190 * 1000}{0.056 * 29330} = 115.7kg$$ (حيث الرقم 0.056 هو الوزن الذري للمركب CaO)

المسألة رقم 96:

احسب مسامية الجص البنائي المتصلب إذا علمت أن العلاقة المائية الجصية W/G تساوي 0.7 والوزن النوعي للجص وحده $\gamma_G = 2.7 gr/cm^3$.

الحل: طريقة أولى: لتحديد مسامية جص البناء المتصلب يجب تحديد وزنه النوعي ووزنه الحجمي.

ولتحديد وزنه النوعي يجب معرفة الوزن ويساوي مجموع وزن الجص ووزن الماء المتحد كيميائياً معه في وحدة الحجم المطلق (V_a). ولحساب نسبة الماء المرتبط كيميائياً نعود إلى معادلة الإماهة للمركب الأساسي لجص البناء وهو المركب $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ ومنه:

$$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O + 1.5\ H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$$

$$145 + 27 =$$

ومنه كمية الماء المرتبط كيميائياً $W = \frac{27 * 100}{145} = 18.6\%$

وإذا افترضنا أن كثافة الماء المرتبط كيميائياً تساوي الواحد، عندها يكون الوزن النوعي للجص البنائي المتصلب:

$$\gamma = \frac{2.7 + (2.7 * 0.186)}{1 + (2.7 * 0.186)} = 2.13 gr/cm^3$$

أما الوزن الحجمي للجص المتصلب فيحسب بدلالة الحجم (V) الذي يحتوي على المسامات التـــي ظهرت نتيجة لتبخر الماء الزائد (غير المرتبط كيميائياً):

$$\gamma_o = \frac{2.7 + 2.7 * 0.186}{1 + 2.7 * 0.7} = 1.1 gr/cm^3$$

ومنه فإن مسامية الجص المتصلب:

$$P_G = \left(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma}\right) * 100 = \left(1 - {}^{1.1}\!/_{2.13}\right) * 100 = 48\%$$

طريقة ثانية للحل:

$$P = \left(\frac{V - Va}{V}\right) * 100 = \frac{(1 + 2.7 * 0.7) - (1 + 2.7 * 0.186)}{1 + 2.7 * 0.7} * 100 = 48\%$$

المسألة رقم 97:

ما هي كتلة وحجم العجينة الكلسية ذات الرطوبة $W_m = 50\%$ التـــي يمكن الحصول عليها من كتلة $m_c = 15$ t من الكلس الحي ذي الفعالية $A = 85\%$ إذا علمت أن الوزن الحجمي للعجينة الكلسية يساوي $\gamma_{oT} = 1400 kg/m^3$.

الحل: إن مصطلح الفعالية يقصد به هنا نسبة CaO النقية الفعالة. ومنه نسبة CaO النشط الفعال في 15t من الكلس الحي: $CaO_{akt} = \frac{A * m_c}{100} = \frac{85 * 15}{100} = 12.75t$

ومن المعلوم أن اطفاء الكلس يتم وفق المعادلة:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

$$56 \quad = \quad 74$$

ومن الواضح أن 56 جزءاً وزنياً للمركب CaO يعطي 74 جزءاً وزنياً من الكلس الجاف المتميه (المتفاعل مع الماء)

ومن كمية 12.75t من CaO يمكن الحصول على:

$$m_1 = m_{CA(OH)2} = \frac{12.75 * 74}{56} = 16.84t$$

ومنه فإن كتلة العجينة الكلسية m2 = mm

$$m_m = \frac{100 m_{Ca(OH)_2}}{100 - W_m} = \frac{100 * 16.84}{50} = 33.68t$$

وحجمها:

$$V_m = \frac{m_m}{\gamma_{oT}} = \frac{33.68}{1.4} = 24.05 m^3$$

المسألة رقم 98:

من المعلوم أن الكلس المائي – مثل الكلس الهوائي – يتميز بأنه يمكن تحويله إلى مسحوق ليس فقط بالطحن ولكن أيضاً بإطفائه أي بتأثير الماء على قطع الكلس غير المطفأ.

احسب كمية الكلس المائي وكمية الماء في $m_m = 10t$ من العجينة الكلسية ذات الوزن الحجمي $\gamma_{om} = 1400 kg/m^3$ إذا علمت أن الوزن النوعي لمسحوق الكلس المائي $\gamma_{pc} = 2.05 gr/cm^3$.

الحل: إن $1m^3$ من العجينة الكلسية يمكن تصوره من خلال مجموع حجم الكلس المائي وحجم الماء وفق:

$$\frac{m_{pc}}{\gamma_{pc}} + \frac{m_w}{\gamma_w} = 1$$

حيث: m_{pc} كتلة الكلس المائي بشكل مسحوق

m_w كتلة الماء

γ_w الوزن النوعي للماء.

ومنه: $\frac{m_{pc}}{2.05} + \frac{1.4 - m_{pc}}{1} = 1$ ومن هنا فإن $1m^3$ من العجينة الكلسية يحتوي على كتلة من الكلس المائي تساوي $m_{pc} = 0.781t$ وتشكل 55% ويحتوي على الماء m_w:

$$m_w = 1.4 - 0.781 = 0.619\ t = (45\%)$$

وفي 10t من العجينة الكلسية يوجد كلس مائي:

$$m'_{pc} = \frac{0.781 * 10}{1.4} = 5.58t$$

ويوجد ماء: $m'_w = 4.42t$

ويمكن أيضاً حساب محتوى العجينة الكلسية من الكلس المائي كما في كل العجائن في حقل البناء يمكن حسابه من العلاقة:

$$T = \frac{\gamma_{pc}(\gamma_o - 1000)}{\gamma_{pc} - 1} \quad \text{(المرجع 1 -2- 3)}$$

حيث: T محتوى المادة الصلبة في العجينة (kg/m^3)

γ_{pc} الوزن النوعي للمادة الصلبة (الكلس المائي) والتـي تصنع مع الماء كتلة عجائنية (العجينة الكلسية) (gr/cm^3).

γ_o الوزن الحجمي للعجينة(kg/m^3).

المسألة رقم 99:

احسب النشاط الكلسي (A) الحاصل من عينة من الحوار تحتوي على 42.5% من CaO وعلى 3.5% من MgO وعلى 17.5% من $SiO_2 + Al_2O_3$، إذا علمت أن نسبة الكربنة للحوار عند الحرق $X = 0.9$ وأن الفاقد بالحرق للحوار $f.f = 36.5\%$.

الحل: لحساب النشاط الكلسي A يمكن استخدام العلاقة التـي تفترض أن CO_2 المتبقي في المادة المحترقة يتصل فقط بأكاسيد الكالسيوم، ومنه:

$$A = \frac{CaO + MgO - 1.27 * f.f. * (1 - x)}{CaO + MgO + SiO_2 + R_2O_3 + f.f.(1 - x)} * 100$$ (المرجع 2)

حيث R_2O_3 – هي النسبة المئوية لمحتوى المادة من $Fe_2O_3 + Al_2O_3$. ومنه:

$$A = \frac{42.5 + 3.5 - 1.27 * 36.5(1 - 0.9)}{42.5 + 3.5 + 17.5 + 36.5(1 - 0.9)} * 100 = 61.6\%$$

المسألة رقم 100:

لتحديد نسبة الجص نصف المائي في جص البناء أخذت عينة مسحوق الجص بـوزن $m_G = 2.5gr$ حيث جففت للوزن الثابت وتم معاملتها بالماء (صنع عجينة جصية) حيث تم تجفيف المادة المتصلبة بدرجـة حرارة $50 - 55^o$ للوزن الثابت الذي تبين أنه يساوي $m_{G.T} = 2.84gr$. فما هي نسبة $CaSO_4 . 0,5H_2O$ في جص البناء؟

الحل: من التفاعل التالي:

$$CaSO_4.0,5H_2O + 1.5H_2O = CaSO_4.2H_2O$$

يمكن استنتاج أنه لأجل إماهة (ذوبان) 145gr من $CaSO_4 . 0,5H_2O$ يتطلب 27gr من الماء.

وفي هذه المسألة: من أجل إماهة (ذوبان) X gr من الجص نصف المائي يحتاج $(m_{GT} - m_G)$gr من الماء. ومنه:

$$X = \frac{145*(m_{GT} - m_G)}{27*m_G}*100 = \frac{145*0.34}{27*2.5}*100 = 73\%$$

المسألة رقم 101:

اذا علمت أن التركيب الكيميائي للكلينكر الاسمنتي %: $CaO - 65.5$, $SiO_2 - 22.2$, $Al_2O_3 - 6.4$, $Fe_2O_3 - 3.1$, $MgO - 1.5$, $SO_3 - 0.4$, $Na_2O - 0.9$.

فاحسب ما سيحتويه هذا الكلينكر من C_3S (سيليكات الكالسيوم الثلاثية – آليت)، ومن C_2S (سيليكات الكالسيوم الثنائية – بيليت)، ومن C_4AF (ألومينات وحديدات الكالسيوم الرباعية – سيليت)، وكذلك من $CaSO_4$ (كبريتات الكالسيوم).

وباستخدام الجدول رقم (11) صنف هذا الكلينكر.

الجدول (11): التصنيف الفلزي للكلينكر

تسمية الكلينكر	المحتوى %			
	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
عالي الآليت	أكثر من 60	أقل من 15	–	–
ذو محتوى طبيعي للآليت	37.5 - 60	37.5 - 15	–	–
بيليتي	أقل من 37.5	أكثر من 37.5	–	–
الومیناتي	–	–	أكثر من 15	أقل من 10
ذو محتوى طبيعي للألومينا	–	–	7 - 15	18 - 10
سيليتي	–	–	أقل من 7	أكثر من 18

الحل: يمكن تحديد التراكيب الفلزية لأنواع الكلينكر الاسمنتي باستخدام العلاقات:

$C_3S = 3.8SiO_2\,(3KH - 2)$ (المواصفة القياسية السورية الخاصة بالاسمنت البورتلاندي)

$C_2S = 8.6\,SiO_2\,(1 - KH)$

حيث: KH – معامل الإشباع الذي يبين نسبة كمية أكسيد الكالسيوم في الكلينكر والمتحد فعلاً مع السيلكا إلى كميته الضرورية نظرياً للاتحاد الكامل للسيلكا في سيليكات الكالسيوم الثلاثية.

ويمكن حساب معامل الاشباع بالعلاقة المبسطة:

$$KH = \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3}{2.8SiO_2}$$ (مواصفات لاسمنت البورتلاندي القياسية

وأما العلاقات اللازمة لحساب C_3A وC_4AF فيمكن اختيارها ويتعلق هذا الاختيار بنسبة الموديل السيليكاتـــي SM الذي يساوي نسبة محتوى Al_2O_3 إلى Fe_2O_3 في المادة المدروسة.

(جميع العلاقات والمعلومات الضرورية لهذه المسألة موجودة في أغلب المواصفات المحلية والعالمية الخاصة بالاسمنت).

فعندما يكون $SM > 0.64$ فإنه:

$$C_3A = 2.65\ (Al_2O_3 - 0.64\ Fe_2O_3)$$

$$C_{LI}AF = 3.04\ Fe_2O_3$$

وعند $SM < 0.64$ فإنه:

$$C_3A = 1.7\ (Fe_2O_3 - 1.57\ Al_2O_3)$$

$$C4AF = 4.77\ Al_2O_3$$

ويحسب محتوى سولفات الكالسيوم من العلاقة:

$$CaSO_4 = 1.7\ SO_3$$

وباستخدام العلاقات المذكورة يتم حساب التركيب المنرالي للكلينكر استناداً للتحليل الكيميائي.

$$KH = \frac{65.5 - 1.65 - 0.35 * 3.1}{2.8 * 22.2} = 0.87$$

$$SM = 6.4 * 3.1 = 2.06$$

$$C_3S = 3.8 * 22.2(3 * 0.87 - 2) = 51.4\%$$

$$C_2S = 8.6 * 22.2(1 - 0.87) = 24.8\%$$

$$C_3A = 2.65(6.4 - .64 * 3.1) = 11.7\%$$

$$C_4AF = 3.04 * 3.1 = 9.42\%$$

$$CaSO_4 = 1.7 * 0.4 = 0.68\%$$

ويصنف الكلينكر بأنه طبيعي الألومينا.

المسألة رقم 102:

المطلوب الحصول على كلينكر اسمنتـــي ذي معامل إشباع $KH = 0.88$.

فما هي النسب اللازمة من الغضار والحجر الكلسي للحصول على الكلينكر المطلوب إذا علمت أن التراكيب الكيميائية % للغضار والحجر الكلسي مدرجة كما يلي:

المادة	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	مواد أخرى
الحجر الكلسي	7.80	1.65	1.04	48.8	0.91	-	39.80
الغضار	64.55	16.51	8.17	1.90	0.89	0.79	7.19

الحل: إذا رمزنا لمحتوى الكلينكر من الغضار والحجر الكلسي بـــ (حجر كلسي) X: (غضار) 1 تأخذ علاقة معامل الإشباع KH الشكل التالي (انظر المسألة السابقة):

$$0.88 = KH = \frac{1.9 + 48.8X - 1.65(16.51 + 1.65X) - 0.35(8.17 + 1.04X)}{2.8(64.55 + 7.8X)}$$

ومنه $X \approx 7$ وهي أمثال كتلة الحجر الكلسي، وهذا يعنـــي أن المزيج الذي سيحضر منه الكلينكر المطلوب سيتشكل من الحجر الكلسي بنسبة 87.6% ومن الغضار بنسبة 12.4%.

المسألة رقم 103: احسب كمية $Ca(OH)_2$ الناتجة (المطروحة) بناتج تفاعل 1kg من الإسمنت البورتلاندي مع الماء تفاعلاً كاملاً علماً أن الإسمنت يحتوي على 95% كلينكر و5% جص، والمترالات الرئيسية في الكلينكر هي %: $C_3S - 57; C_2S - 22; C_3A - 7; C_4AF - 11$.

وأنه ولكي يتم ربط $Ca(OH)_2$ بشكل كامل يمكن إضافة التريبيل (الطرابلسية) الذي سيشارك في إماهة C_3S ويحتوي على السيلكا، فإذا كانت نسبة السيلكا $SiO_2 = 72\%$ في التريبيل فما هي كمية التريبيل المضاف لهذا الغرض.

الحل: كما ورد أعلاه فإن طرح هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ يتم بشكل رئيسي نتيجة التحلل بالماء عند إماهة C_3S.

ويجري كما هو معروف في الظروف الطبيعية وفق مخطط إماهة C_3S.

$$2\,(3CaO \cdot SiO_2) + 6H_2O = 3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O + 3Ca(OH)_2$$

ويمكن إيجاد كمية ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ المطروحة بنتيجة تفاعل الإماهة السابق وفق التناسب:

$$456g \quad 3CaO.SiO_2 \longrightarrow 222g \quad Ca(OH)_2$$
$$0.95*0.57*1000g \longrightarrow X g$$

ومنه $X \; Ca(OH)_2 = 264gr$.

- وعندما يحصل التأثير المتبادل بين $Ca(OH)_2$ مع السيلكا SiO_2 المحتواة في التريبيل فيمكن الافتراض أنه نتيجة هذا التأثير يتشكل سيليكات الكالسيوم الأحادية المائية $CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ (التـــي تساعد في منع تأثير الماء على الحجر الإسمنتـــي وترتفع بالتالي مقاومة الإسمنت ضد الماء).
- إذاً لربط 1 مول أي 74gr من $Ca(OH)_2$

يلزم لذلك 1 مول أي 60gr من SiO_2

ولأجل ربط 264gr من $Ca(OH)_2$ يلزم لذلك X gr من SiO_2 ومنه:

$$X = \frac{264*60}{74} = 214.05gr$$

أي لربط ماءات الكالسيوم $Ca(OH)_2$ التـــي تطرح بإماهة 1kg من الإسمنت يلزم كمية من التريبيل المضاف:

$$214.05/0.72 = 279gr$$

المسألة رقم 104:

إذا علمت أن الحرارة المنتشرة بنتيجة تفاعلات انحلال الإسمنت في الماء (الإماهة) عند إشادة السدود البيتونية يجب أن لا تزيد عن 210 kj/kg بعمر 3 أيام ويجب أن لا تزيد عن 251 kj/kg بعمر 7 أيام.

فاحسب حرارة إماهة الإسمنت بعمر 3 أيام وبعمر 7 أيام، إذا كان محتوى الإسمنت من الفلزات هو التالي %:

$C_3S - 47.5;\ C_2S - 21.4;\ C_3A - 7.8;\ C_4AF - 14.5$. وهل يسمح باستخدام هذا الإسمنت في بناء السدود البيتونية؟

الحل: يمكن حساب حرارة إماهة الإسمنت q_n بالاستعانة بالعلاقة التـي تستخدم للحسابات السريعة التقريبية وهي:

$$q_n = a_n C_3S + b_n C_2S + c_n C_3A + d_n C_4AF \qquad \text{(المرجع 5)}$$

حيث: $a_n; b_n; c_n; d_n$ هي معاملات نشر الحرارة للفلزات الموجودة وعلى التوالي وهي في الجدول رقم (12):

الجدول (12)

مدة التصلب (يوم)	a_n C_3S	b_n C_2S	c_n C_3A	d_n C_4AF
3	3.89	0.666	6.36	− 0.499
7	4.57	0.967	8.67	− 1.73
28	4.78	0.641	9.63	0.59

ومنه:

$$q_n = 3.89*47.5 + 0.666*21.4 + 6.36*7.8 - 0.499*14.5 = 178.9 \quad kj/kg$$

$$q_7 = 4.57*47.5 + 0.967*21.4 + 8.67*7.8 - 1.73*14.5 = 280.28 \quad kj/kg$$

وكما يتضح نتيجة الحسابات بأن كمية الحرارة المنتشرة بنتيجة تفاعل ذوبان الإسمنت بعمر 7 أيام هي خارج الحد المسموح به.

ومن المعروف أن الحرارة المنتشرة نتيجة التفاعل يمكن أن تتسبب في ظهور تشققات ولا يسمح بذلك في السدود البيتونية.

وللحكم بشكل نهائي بشأن السماح باستخدام هذا الإسمنت يجب إجراء التجارب بشكل فعلي وقياس الحرارة المنتشرة أثناء تفاعل الإماهة للإسمنت.

مسائل غير محلولة ـ المواد الرابطة المعدنية (غير العضوية) الجص ـ الكلس ـ الاسمنت:

مسألة 66:

تجري معالجة صنفين من الأحجار الجصية نوع أول من حيث الجودة ونوع رابع وذلك للحصول على جص البناء (الجص نصف المائي).

فإذا علمت أن الصنف الأول يحتوي على الجص ثنائي الماء بنسبة 97% ويحتوي الصنف الرابع على 72% منه، فما هي كمية الجص نصف المائي الزائدة بالكغ بنتيجة معالجة 1t من الصنف الأول عن الكمية الناتجة عن معالجة 1t من الصنف الرابع؟

مسألة 67:

من المعلوم أن إنتاج الكلس CaO يتم بمعالجة الأحجار الكلسية فإذا تمت معالجة ثلاثة أنواع مختلفة المنشأ من الأحجار الكلسية تركيبها في الجدول رقم (13)، فاحسب كمية ونشاط الكلس الناتج عن كل نوع من أنواع الحجر الكلسي المستخدم.

الجدول (13)

الحجر الكلسي	محتوى $CaCO_3$ %	محتوى MgO %	محتوى الشوائب الغضارية %
النوع الأول	93%	4%	3%
النوع الثاني	86%	6%	8%
النوع الثالث	77%	20%	3%

مسألة 68:

ما هي كمية الحرارة المنتشرة عند إطفاء 150 kg من الكلس الحاوي على 85% من CaO النشيط. إذا علمت أن إطفاء 1 مول من المادة ينشر حرارة بكمية 65 kj.

مسألة 69:

ما هي كمية الكلس بنشاط 92% والمتوجب استخدامها لنشر الحرارة من أجل الحصول

على جص البناء بمعالجة 50 kg من الحجر الجصي الحاوي على 99% من $CaSO_4.2H_2O$، إذا علمت أن كمية الحرارة اللازمة لتحويل 1 مول من الجص ثنائي الماء إلى الجص نصف المائي هي 84 kj، وكمية الحرارة المنتشرة عند إطفاء 1 gr/mol من CaO هي 65 kj (مع افتراض عدم وجود حرارة ضائعة).

مسألة 70:

إذا علمت أن كل 1 kg من الفحم الحجري يعطي باحتراقه حرارة بكمية 25500 kj، فما هي الكمية اللازمة منه لمعالجة 1t من الحجر الكلسي الحاوي على $CaCO_3$ بنسبة 85% وعلى شوائب غضارية بنسبة 15% علماً أن عملية الحرق تتم بدرجة حرارة 1000 C° والسعة الحرارية للشوائب الغضارية 0.92 kj/kg.C°، ولمعالجة 1 مول من $CaCO_3$ يلزم 179kj مع افتراض أن الفاقد الحراري في الفرن يساوي 15.5%.

مسألة 71:

من المعلوم أن تحضير عجينة جصية بلزوجة مقبولة للحصول على منتجات جصية للبناء يتطلب (50-70)% ماء، وللحصول على منتجات جصية عالية المتانة للبناء (تقنية) يلزم (40 - 30)% ماء. فإذا علمت أن الوزن النوعي لمنتجات الجص البنائي ومنتجات الجص عالي المتانة واحد تقريباً ويساوي $2.7\ gr/cm^3$، فاحسب وقارن المسامية للمنتجات بعد تصلبها وجفافها لكلا النوعين مفترضاً أن المادة الأولية للنوعين هي $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ فقط.

مسألة 72:

هناك نوعان من الإسمنت: الأول بورتلاندي اللزوجة النظامية للعجينة المحضرة منه $N_G = 25.5\%$ (نسبة الماء وزناً وبالنسبة المئوية) ووزنه النوعي $\gamma = 3.1 gr/cm^3$، والثانـــي بورتلاندي بوزولانـــي لزوجة العجينة المحضرة منه نظامياً $N_G = 37.3\%$ والوزن النوعي له $\gamma = 2.75 gr/cm^3$، فإذا علمت أن الإسمنت البورتلاندي يربط كنسبة من وزنه: 19.8% من الماء فقط عند إماهته بشكل كامل والإسمنت البوزولانـــي يربط 16.7% من الماء عند إماهته كلياً، ودرجة الإماهة للإسمنت البورتلاندي بعمر 28 و180 يوماً هي على التوالي: 43% و

60% وللبوزولانــي 40% و57%.

فما هي مسامية الحجر الإسمنتـي المحضر من الإسمنت البورتلاندي بالأعمار المذكورة وماهي مسامية الحجر الإسمنتـي المحضر من الإسمنت البوزولانـي لنفس الأعمار.

مسألة 73:

ما هي كمية الإسمنت وكمية الماء التـي استخدمت للحصول على 10 kg من العجينة الإسمنتية ذات الوزن الحجمي $1550\ kg/m^3$ إذا علمت أن الوزن النوعي للإسمنت البورتلاندي المستخدم $3.1\ gr/cm^3$.

مسألة 74:

إذا علمت أن العلاقة المائية الجصية $W/G = 0.7$ والوزن النوعي للجص $2.7\ gr/cm^3$ فاحسب الوزن الحجمي للعجينة الجصية وفق الشروط المذكورة.

مسألة 75:

من المعلوم أن تركيب الكلينكر الذي يتم الحصول على الإسمنت المقاوم للكبريتات منه يجب أن يكون التالي:

$C_4AF \leq 22\%; C_3A \leq 5\%; C_3S \leq 50\%$، فهل يمكن اعتبار الاسمنت البورتلاندي ذي التركيب التالي مقاوماً للكبريتات:

التركيب الكيميائي % $CaO - 63.8$، $SiO_2 - 21.5$، $Al_2O_3 - 5.1$، $Fe_2O_3 - 5.7$، $MgO - 2.9$، $SO_3 - 0.6$، $Na_2O - 0.4$.

مسألة 76:

من المعلوم أن الكلينكر الخاص بإنتاج الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب يحتوي على سيليكات الكالسيوم الثلاثية وألومينات الكالسيوم الثلاثية بنسبة لاتقل عن %(60-65) كمجموع للمركبين مع بعضهما.

المطلوب: هل يعتبر الكلينكر ذو التركيب التالي مقبولاً لإنتاج الإسمنت سريع التصلب:

التركيب %: CaO–66.4، SiO_2–22.1، Al_2O_3–6.1، Fe_2O_3–3.2، MgO–1.4، SO_3–0.3، Na_2O–0.5.

مسألة 77:

من أجل الحصول على كلينكر لإنتاج الإسمنت البورتلاندي سريع التصلب يجب رفع قيمة معامل الإشباع (معامل إشباع السيلكا بأوكسيد الكالسيوم) إلى قيمة KH = 0.91.

والمطلوب ما هي نسبة الحجر الكلسي ونسبة الغضار التـــي يجب أخذها لإنتاج الكلينكر المطلوب ذو معامل الإشباع KH بالقيمة المذكورة، إذا علمت أن التركيب الكيميائي للحجر الكلسي والغضار كما يلي %:

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	محتويات أخرى
الحجر الكلسي	11.2	1.4	0.8	45.5	0.5	40.7
الغضار	61.5	15.9	7.6	5.4	–	9.6

مسألة 78:

إن وجود ماءات الكالسيوم أي ما يسمى الكلس الحر $Ca(OH)_2$ في نواتج عملية إماهة الإسمنت وخاصة منه الإسمنت الآليتـــي الذي يعطي متانة عالية بعمر قليل يضر بهذا البيتون بالمستقبل القريب ويجعله سهل التآكل، ولهذا فإن وجود أكسيد السيليسيوم في الحالة غير المتبلورة ضروري للحد من ضرر الكلس الحر غير المرتبط حيث يشكل معه $CaO\cdot SiO_2\cdot nH_2O$ وهو مركب مقاوم للتآكل بالانحلال.

احسب كمية الكلس الحر $Ca(OH)_2$ الناتجة عن إماهة 15kg من الإسمنت البورتلاندي دون إضافات والحاوي على C_3S بنسبة 55% إذا علمت أن إماهة الآليت C_3S تمت بنسبة 61% وماهي نسبة محتوى الكلس الحر إلى كتلة الإسمنت الكلية؟

مسألة 79:

كما ذكرنا سابقاً لرفع مقاومة الحجر الإسمنتـــي للتآكل يجب إضافة أوكسيد السيليس الفعال ليرتبط بدوره مع الكلس الحر الضار إذا ما بقي حراً.

والمطلوب:

ما هي الكمية الواجب إضافتها من أوكسيد السيليس النشط الحاوي على SiO_2 بنسبة 71% إلى كمية إسمنت تبلغ 5t ، إذا علمت أن الكلينكر الذي صنع منه الإسمنت يحتوي على C_3S بنسبة 56% وذلك بغرض تأمين ارتباط كامل للكلس الحر الناتج عن إماهة الآليت.

مسألة 80:

باستخدام الجدول رقم (12) احسب بكم مرة يكون انتشار الحرارة أكبر من جراء تصلب الإسمنت سريع التصلب عنه عند تصلب الإسمنت المقاوم للكبريتات لنفس العمر 7 أيام، إذا علمت أن التركيب المنرالي لنوعي الإسمنت هو التالي:

نوع الاسمنت	C_3S%	C_2S%	C_3A%	C_4AF%
الإسمنت سريع التصلب	57.5	20.4	9.5	12.6
الإسمنت المقاوم للكبريتات	48.5	31	4.4	16.1

البحث الرابع

مركبات المونة والبيتون

تعتبر اللزوجة النظامية وزمن بداية ونهاية الأخذ من أهم خواص الإسمنت ويتم اختبار هذه الخواص التـــي تعبر عن الحالة الحركية الفيزيائية لسلوك الإسمنت البدائي مع الماء بواسطة جهاز فيكا.

وترتبط باللزوجة النظامية شراهة (حاجة) الإسمنت للماء في مركبات المونة والبيتون.

وتشكل اللزوجة النظامية لأنواع الإسمنت البورتلاندي نسبة % (24-29) ماءً من كتلة الإسمنت. وأما الأخذ (الشك) فهو المرحلة الأولى من تصلب الإسمنت والتي تفقد بانتهائها العجينة الإسمنتية خواصها اللدنة وإمكانية أخذها شكل القالب.

وتقسم عملية الأخذ إلى قسمين بدائي ونهائي ويمكن التحكم في بداية أو نهاية الأخذ بالتدخل في التركيب الفلزي والكيميائي للإسمنت أثناء تصنيعه وذلك بحسب شروط الاستخدام والتنفيذ كون بداية الأخذ كما نهايته هي زمن.

ولكن وبكل الأحوال يجب أن لا تبدأ عملية بداية الأخذ قبل 45 دقيقة ولا تنتهي قبل مرور 10 ساعات من لحظة إضافة الماء إلى الإسمنت.

ولكن أهم الخواص التي تميز نوعية الإسمنت هي بلا شك حد المتانة على الضغط والشد لعينات نظامية محضرة من مونة إسمنتية رملية بعد تصلبها لعمر 28 يوماً. ويستخدم لهذا الغرض رمل كوارتزي طبيعي ذو حبات كروية الشكل بأبعاد mm (0.5-0.9) بحيث لايقل فيها محتوى SiO_2 عن 98% ولاتزيد نسبة الشوائب الغضارية وغيرها في هذا الرمل عن المقدار 1%.

ويسمى نشاط الإسمنت ذلك الرقم الذي يعبر عن متانة أنصاف المواشير المحضرة من المونة

الإسمنتية النظامية المذكورة أعلاه بعد كسرها بعمر 28 يوماً واستناداً لهذه القيم (الأرقام) يتم تحديد ماركة الإسمنت ويعرف منها ماركة 400 ;500 ;600.

وتعرف القيمة العددية لماركة الإسمنت بأنها متوسط قيم حد المتانة على الضغط للعينات المختبرة مقدرة بالميغا باسكال مضروباً بعشرة (10 * MPa).

فمثلاً للإسمنت ماركة 400 يجب أن لا تقل قيمة حد المتانة على الإنعطاف عن 5.5MPa وللإسمنت ماركة 500 يجب أن لاتقل عن 6MPa وماركة 600 لا تقل عن 6.5MPa.

وعن الحصويات المستخدمة في المونة والبيتون ولضرورة اتقان حسن اختيار هذه المواد لابد من الإلمام بشكل جيد بإيجاد الحلول للمشاكل التقنية للحصويات من حيث تدرجها الحبي وأصالتها وتأثرها بالكيماويات.

ويمكن أن نطلق تسمية المواد المالئة على الحصويات في البيتون والمونة حيث يتكون البيتون أو المونة من مادة قابضة رابطة هي الإسمنت والماء والملدنات أحياناً بالإضافة إلى الحصويات التـــي تملأ الجسم البيتوني وتحيطها المادة القابضة الرابطة من كافة الأنحاء، إذاً الحصويات هي مواد مالئة ناعمة وخشنة.

المادة المالئة الناعمة في البيتون هي الرمل وهو عبارة عن مزيج طبيعي أو صناعي (صخر مطحون) من الحبات بأبعاد وتتراوح من mm (0.15-5).

ويتم تقييم جودة الرمل من تركيبه الكيميائي الفلزي ومن شكل ونشاط سطوح حباته وأبعادها وكذلك بنسبة احتوائه على الشوائب الغضارية وغيرها.

وتعتبر شوائب الكبريتات وأحماضه العضوية من الشوائب الضارة في الرمل كما الشوائب الضارة الأخرى مثل أوكسيد وهيدروكسيد الحديد وكافة الفلزات الحاوية على مختلف الأشكال غير المتبلورة من السيليس (الكوارتز) والميكا.

وتوضع الاشتراطات الخاصة لأنواع الرمل بحسب نوع ووظيفة البيتون الذي سيحضر من هذا الرمل.

ويتم حساب الشوائب الزائدة بالغسيل في الرمل بالعلاقة:

$$O_{KL} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100$$

حيث: $m_1 - m_2$ هي كتلة الرمل المجفف قبل وبعد غسيله مقدرة بالغرام gr ويسمح بوجود الشوائب الغضارية بنسبة لا تزيد عن 3% في الرمل الطبيعي (من الأنهار – البحار – مجاري السيول). ولا تزيد عن 4% لرمل المقالع.

ولأنواع الرمل المستخدمة في السدود والمنشآت المائية وقنوات الري وأنابيب الضخ والمنشآت الطرقية هناك اشتراطات خاصة أكثر صراحة.

ويعطي التحليل الميكانيكي للرمل نسبة البحص في الرمل وهي كتلة الحبات المحجوزة على المهزة 5mm وتؤخذ كتلة مقدارها 1kg من الرمل المار من المهزة 5mm ويتم تمريرها بالهز من خلال مجموعة من المهزات النظامية متوضعة من الأعلى للأسفل بأبعاد:

0.14; 0.315; 0.63; 1.25; 2.5 mm

والمحجوز على كل مهزة والمسمى (المحجوز الجزئي a_i) يتحدد بالعلاقة %:

$$a_i = \frac{m_i}{m} * 100$$

حيث: m_i وزن المحجوز على المهزة المدروسة gr.

m الوزن الكلي لعينة الرمل.

ويسمى المحجوز الكلي على مهزة ما المجموع الذي يضم المحجوز على المهزة المدروسة والمحجوز على كافة المهزات التي تعلوها والأكبر لقياس الفتحة ويحسب بالعلاقة:

$$A_i = a_{2.5} + a_{1.25} + \ ... \ + \ a_i$$

حيث: $a_{2.5}$ ... a_n المحاجيز الجزئية على المهزات الأعلى من المهزة المدروسة وصولاً إلى المهزة 2.5 mm.

وأما معامل خشونة (نعومة) الرمل M_K فيحسب بالعلاقة:

$$M_K = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}}{100}$$

حيث: $A_{2.5}$, $A_{1.25}$, $A_{0.63}$.. ,$A_{0.14}$ المحاجيز الكلية على المهزات.

ويقسم الرمل بحسب معامل خشونته إلى خمس زمر: خشن جداً $3.5 \geq M_K > 3$، وخشن $3 \geq M_K > 2.5$، ومتوسط $2.5 \geq M_K > 2$، وناعم $2 \geq M_K > 1.5$، وناعم جداً $1.5 \geq M_K > 1$.

البحص: وهو المادة المالئة (الحصويات) الأكبر حجماً من الرمل في البيتون ويعرف منه الزلط.

الزلط: وهو الكتل الصخرية بأبعاد معينة والتـــي نتجت عن التكسر الطبيعي للصخور القاسية وبذاته يتكون من أجزاء ذات سطوح متعرجة بينما ينتج البحص عن طحن الصخور الطبيعية في كسارات وطحن الزلط.

وكذلك تتحدد جودة البحص والزلط (المالئ الأخشن) مثل الرمل بحسب أبعاد الحبات والتركيب الحبـــي وشكل السطوح للحبات ونسب الشوائب.

وتعتبر الخواص الجيولوجية للصخور الأم التـــي يتم الحصول منها على البحص والزلط هامة لأنها تحدد المتانة والثبات ضد الماء وكذلك مقاومة التجمد والذوبان...

ويجب أن تختبر دوماً المسامية والوزن الحجمي والنوعي ونسبة الفراغات والرطوبة الطبيعية وامتصاص الماء وكذلك الاهتراء.

ويتم حساب المحجوز الكلي والجزئي لكل مهزة من مهزات البحص كما هو في الرمل ولكن أبعاد فتحات المهزات للبحص هي من الأعلى للأسفل:

.3, 5, 10, 15, 20, 25, 40, 70

ويقاس اهتراء البحص بالنسبة المئوية بعد تعريض العينة معلومة الوزن مسبقاً لاهتراء داخل أسطوانة فولاذية في المكبس الهيدروليكي أو أسطوانة الاهتراء المجهزة بكرات فولاذية كشحنات آكلة ويقاس الاهتراء % بالعلاقة:

$$D_f = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100$$

حيث: D_f الفاقد بالاهتراء %.

m_1 كتلة عينة البحص قبل التجربة.

m_2 كتلة عينة البحص المنقوعة بالماء بعد تعرضها للاهتراء بالتجربة.

1.4 الحصويات

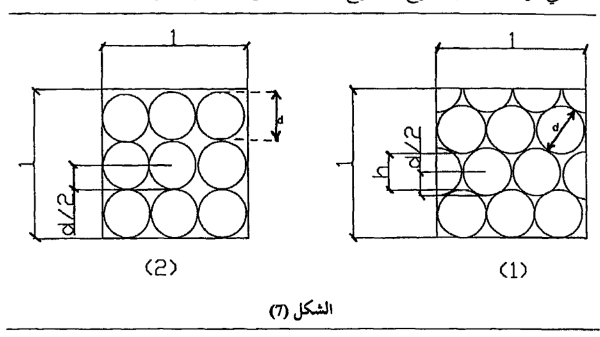
مسائل محلولة:

المسألة رقم 105:

بين بالأرقام كيف يتحول حجم الفراغات بين كرات لها نفس الشكل والعدد إذا ما

وضعت في وحدة الحجم مرةً بتوزيع شطرنجي الشكل (7-1) ومرة بتوزيع منتظم في صفوف الشكل (7-2).

وعلى هذا الأساس من التحليل بين هل يؤثر توزيع حبات الحصويات على وزنها الحجمي، وكيف يتغير مجموع السطوح الخارجية للكرات بتغيير أقطارها؟.



الشكل (7)

الحل: إن عدد الكرات التـــي يمكن أن تتوضع على (حرف) ضلع المكعب الذي يساوي 1 هي:

– في حالة التوضع في صفوف يكون عدد الكرات n: $n=\frac{1}{d}$

– وفي حالة التوضع الشطرنجي يكون عدد الكرات n_1 :

$$n_1=\frac{1}{h}=\frac{1}{\sqrt{d^2-\frac{d^2}{4}}}=\frac{1}{d*\sqrt{\frac{3}{4}}}=\frac{2}{d*\sqrt{3}}$$

حيث: d قطر الكرة.

h المسافة العمودية بين نقطتـــي التماس بين كرتين في التوزع الشطرنجي.

ومنه فإن العدد الكلي للكرات في واحدة الحجم يكون:

– في حالة التوزع في صفوف عدد الكرات N : $N=n^3=\frac{1}{d^3}$

- وعدد الكرات الكلي في حالة التوزع الشطرنجي N_1:

$$N_1 = n * n_1^2 = \frac{1}{d}\left(\frac{2}{d*\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{4}{3d^3}$$

وهكذا يتضح أن عدد الكرات في التوزع الشطرنجي أكبر من عددها في حالة التوزع في صفوف بمرة وثلث المرة: $1\frac{1}{3}$.

أما حجم جميع الكرات V:

- ففي حالة التوزع في صفوف:

$$V = N * \frac{\pi * d^3}{6} = \frac{1}{d^3} * \frac{\pi * d^3}{6} = \frac{\pi}{6} = 0.52$$

- وفي حالة التوزع الشطرنجي:

$$V_1 = N_1 * \frac{\pi * d^3}{6} = \frac{4}{3 * d^3} * \frac{\pi * d^3}{6} = 0.68$$

وهكذا يتضح أن الحجم الإجمالي للكرات لا يتعلق بقطرها (إذا كان للكرات جميعها نفس القطر) ولكن يتعلق بطريقة توضع هذه الكرات في وحدة الحجم.

وبالتالي فإن حجم الفراغات: في حالة التوزع في صفوف: $V_P = 0.48$

في حالة التوزع الشطرنجي: $V_{P1} = 0.32$

ويتضح أيضاً أن حجم الفراغات لا يتعلق بقطر الكرات ولكن يتعلق فقط بطريقة توضع هذه الكرات في وحدة الحجم.

وهذا يعنـــي أن وحدة الحجم عندما تحتوي على حصويات بأبعاد (أقطار) مختلفة فإن كثافة الحصويات (وزنها الحجمي) سوف تتعلق ليس فقط بكمية الحصويات مختلفة المقاسات ولكن بطريقة توضعها بالنسبة لبعضها.

- السطح الكلي للكرات:

- في حالة التوزع في صفوف:

$$S = N * \pi * d^2 = \frac{1}{d^3} * \pi * d^2 = \frac{\pi}{d}$$

- وفي حالة التوزع الشطرنجي:

$$S_1 = N_1 * \pi * d^2 = \frac{4}{3 * d^3} \pi * d^2 = \frac{4\pi}{3d}$$

أي أن السطح النوعي (السطح الإجمالي للكرات) يتناسب عكساً مع قطر الكرات.

المسألة رقم 106:

لتحديد الوزن النوعي للبحص الغرانيتـــي تم أخذ عينة مجففة منه بوزن $G = 3kg$ حيث وضعت هذه العينة في وعاء معدنـــي وتم ملء الوعاء بالماء وكان وزنه مع الماء والعينة $G_1=7.8kg$ وبعد إفراغ الوعاء من محتوياته تم ملؤه من جديد بالماء فقط وكان وزن الوعاء مع الماء $G_2=5.91kg$.

والمطلوب:

احسب الوزن النوعي للبحص الغرانيتـــي إذا علمت أن وزن الوعاء فارغاً $G_3=1kg$ مع الأخذ بالحسبان أن امتصاص الغرانيت للماء في الأحوال الطبيعية 0.4% وزناً وتحت الضغط 0.8% وحدد دقة حساب الوزن النوعي للبحص بهذه الطريقة، واحسب الوزن الحجمي للبحص.

الحل: وزن الماء المكمل لحجم البحص الغرانيتـــي حتـــى أصبح مساوياً لحجم الوعاء:

$$G_1 - G - G_3 = 7.8 - 3 - 1 = 3.8kg$$

– وزن الماء فقط في الوعاء $G_2 - G_3 = 5.91 - 1 = 4.91kg$

– وزن الماء الموافق لحجم البحص الغرانيتـــي: $4.91\text{-}3.8 = 1.11kg$ أو $g = 1.11dm^3$

ومنه الوزن النوعي للبحص الغرانيتـــي:

$$\gamma_g = \frac{G}{V_g} = \frac{3}{1.11} = 2.7kg/dm^3$$

وعند امتصاص الغرانيت للماء بنسبة 0.4% فإن كمية الماء الممتص:

$$\frac{3}{100 * 0.4} = 0.012kg$$

أو $0.012\ dm^3$ وهذا يساوي تقريباً 1.08% من حجم البحص. وهذا يعنـــي أن الخطأ في حساب الوزن النوعي بهذه الطريقة يشكل 1.08% ويكون الوزن النوعي الدقيق:

$$2.7*1.08=2.92$$

- ولحساب الوزن الحجمي فيما إذا ما تم اعتبار أن نسبة الفراغات في الغرانيت تساوي الامتصاص الكامل للماء أي 0.8% عندها يكون الوزن الحجمي :

$$2.7(1-0.008)=2.68kg/dm^3$$

المسألة رقم 107:

عينة رمل برطوبتها الطبيعية وزنها 1kg وضعت في أنبوب مدّرج سعته 1liter ويحتوي على 1/2 liter ماء ونتيجة لوضع العينة فيه ارتفع منسوب الماء لعلامة 0.89liter. فإذا علمت أن الوزن النوعي للرمل $\gamma_s=2.60kg/L$ فاحسب رطوبة الرمل بمساعدة هذه التجربة.

الحل: إن ارتفاع منسوب الماء في الأنبوب المدرج نتيجة وضع عينة الرمل فيه يشكل:

$$\Delta V=0.89-0.5=0.39L$$

- وزن الرمل الجاف: $G_{sd}=G_{sw}-W$

ومنه: $G_{sd}=\dfrac{G_{sw}}{1+W}$

- الحجم المطلق للرمل: $V_s=\dfrac{G_{sd}}{\gamma_s}=\dfrac{G_{sw}}{(1+W)\gamma_s}$

حيث: G_{sw} وزن الرمل الرطب = 1kg

W رطوبة الرمل كنسبة من وزنه جافاً.

- حجم الماء في الرمل الرطب قبل وضعه في الأنبوب مع الماء :

$$V_W=\frac{G_{sw}}{1+W}*W$$

حيث أن الماء المزاح في الأنبوب قد انــزاح بواسطة الرمل بحجمه المطلق وحجم الماء الموجود فيه أصلاً كرطوبة طبيعية أي:

$$V = V_S + V_W = \frac{G_{sw}}{(1+W)\gamma_s} + \frac{G_{sw}}{1+W} * W$$

وبحل هذه المعادلة نسبة إلى W نحصل على:

$$W = \frac{G_{sw} - V * \gamma_s}{\gamma_s (V - G_{SW})} = \frac{V * \gamma_s - G_s * W}{\gamma (G_{sw} - V)} = \frac{0.39 * 2.6 - 1}{2.6(1 - 0.39)} = 0.0638 \Rightarrow 6.38\%$$

أي أن رطوبة الرمل 6.38%.

المسألة رقم 108:

من المعلوم أن معامل الخشونة للرمل هو نسبة مجموع المحاجيز الكلية إلى 100 ابتداء من المهزة 2.5mm وحتـــى المهزة ذات الفتحات 0.14mm حسب المواصفة الروسية ويعبر عن المحاجيز الكلية بالنسبة المئوية % وفق العلاقة:

$$M = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}}{100}$$

حيث: $A_{2.5} \cdots A_{0.14}$. هي المحاجيز الكلية على المهزات %.

والمطلوب: استخرج علاقة حسابية لحساب معامل الخشونة للمحاجيز الجزئية.

الحل: المحجوز الجزئي على المهزات (a_i) يحسب بالعلاقة:

$$a_i = \frac{G_i}{G} * 100$$

حيث: G_i وزن المحجوز على المهزة المدروسة.

G وزن عينة الرمل المختبرة بشكل كامل = 1000gr.

- المحجوز الكلي (Ai) على كل مهزة يساوي مجموع المحاجيز الجزئية على المهزة المعنية + المحاجيز الجزئية على كافة المهزات الأعلى من هذه المهزة.

$A_{2.5} = a_{2.5};\ A_{1.25} = a_{1.25} + a_{2.5};\ A_{0.63} = a_{0.63} + a_{1.25} + a_{2.5};$ الخ....

فإذا ما تم استبدال قيم المحاجيز الكلية بقيمها بنسبة ما تساويه من المحاجيز الجزئية تصبح العلاقة المذكورة في نص المسألة باستخدام المحاجيز الجزئية كما يلي:

$$M = \frac{5a_{2.5} + 4a_{1.25} + 3a_{0.63} + 2a_{0.315} + a_{0.14}}{100}$$

حيث: تعنـــي الأرقام ,2.5, 1.25, 0.63. . . . قياسات فتحات المهزات وهو المطلوب.

المسألة رقم 109:

في الجدول (14) معطيات نتائج التحليل الحبـــي لثلاثة أنواع من الرمال كما تعطى قيم الوزن النوعي والوزن الحجمي لهذه الرمال. وبالمقارنة مع المنحنـــي النظامي القياسي المطلوب:

بيّن صفات أنواع الرمل الثلاثة وذلك من حيث التركيب الحبي، معامل الخشونة، معامل الخشونة المتوسطة، السطح النوعي، لحبات كل نوع من الرمال ونسبة الفراغات في كل منها.

الجدول (14)

رقم عينة الرمل	المحجوز الجزئي % وزناً على المهزات ذات المقاس(mm)						المار من المهزة 0.14mm % وزناً	الوزن النوعي kg/m^3	الوزن الحجمي kg/m^3
	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14			
1	0	5.4	14.6	22.0	44.0	12.6	1.4	2630	1630
2	9	5.5	15.5	42.0	15.0	8.0	5.0	2645	1560
3	0	2.3	3.5	10.0	33.0	30.0	27.2	2620	1400

الحل: من أجل الحكم بشكل صحيح على جودة الرمل من حيث تركيبه الحبـــي يجب رسم منحنـــي التدرج الحبـــي في جملة إحداثيات تمثل فيها المحاور قياس فتحات المهزات والمحاجيز الكلية،

ثم يتم بعدها مطابقة هذا المنحنـــي مع المنحنـــي القياسي النظامي للرمل. ويمكن أن يكون هناك أكثر من منحنـــي نظامي وذلك حسب الاستخدام ولهذا يتم تنظيم جدول لقيم المحاجيز الكلية كنسب مئوية وزناً كما في الجدول (15) وهذه القيم مأخوذة من المنحنـــي

بعد أن تم جميع المحاجيز الجزئية المعطاة في شروط الحالة ولكل ميزة.

الجدول (15)

رقم عينة الرمل	المحاجيز الكلية (% وزناً) على المهزات ذات الفتحات mm					
	5.0	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14
1	0	5.4	20	42	86	98.6
2	9	14.5	30	72	87	95
3	0	2.3	5.8	15.8	48.8	78.8

ويتم تنفيذ الطلب الأول من المسألة أي حساب معامل الخشونة M بتقسيم مجموع المحاجيز الكلية (%) للرمل على 100:

$$M = \frac{A_{2.5} + A_{1.25} + A_{0.63} + A_{0.315} + A_{0.14}}{100}$$

حيث: $A_{2.5}, A_{1.25}$ ... الخ هي قيم المحاجيز الكلية % من الوزن الكلي للعينة على كل مهزة.

وهكذا للرمل رقم 1 فإن معامل الخشونة M_1: $M_1 = 2.52$

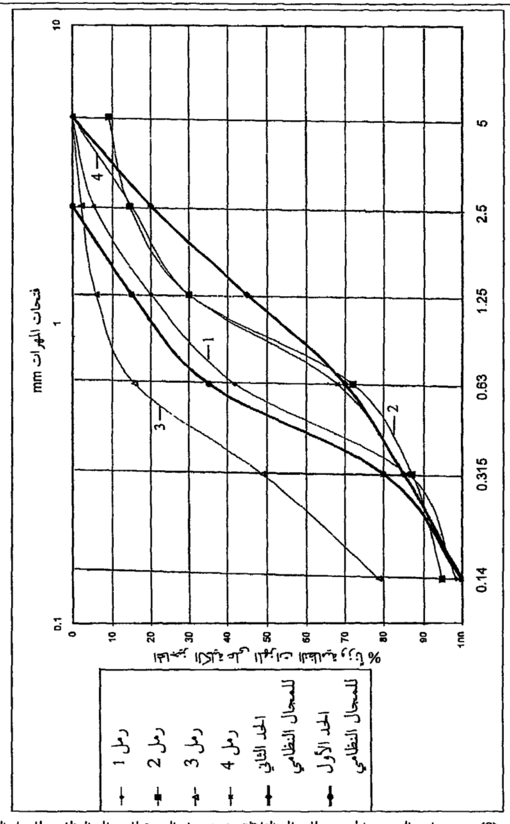
وللرمل رقم 2 فإن معامل الخشونة M_2: $M_2 = 3.07$

وللرمل رقم 3 فإن معامل الخشونة M_3: $M_3 = 1.4$

وللمقارنة يتم اسقاط منحنيات الرمال الثلاثة على منحنـــي الرمل القياسي وهو في هذا المثال مدرج على الشكل (8).

ويبين الشكل (8) أن الرمل رقم 1 يحقق المتطلبات النظامية من حيث توضعه داخل المنطقة (المجال) المظلل.

ويخرج الرمل رقم 2 خارج المجال في الأعلى كونه يحتوي على حبات > 5mm. ولذلك فهذا الرمل يحتاج لتحليل آخر لاستبعاد هذه الحبات، أي تصغير أبعاد الحبات > 5mm في المطحنة أي في المقلع لأنه رمل خشن.



الشكل (8): منحنيات التدرج الحبـــي للرمال الثلاثة وتوضعها بالنسبة للمجال النظامي للرمل القياسي

كما يوضح الشكل أن الرمل رقم 3 يخرج خارج المجال وإلى اليسار لكونه ناعماً.

ونلجأ إلى الجدول رقم (16) لتوضيح طبيعة الرمال الثلاثة من حيث الخشونة والنعومة:

الجدول (16): طبيعة الرمال من حيث الخشونة والنعومة

تصنيف الرمل	معامل الخشونة M	المحجوز الكلي على المهزة ذات الفتحة 0.63mm (%)
خشن	3.5----2.4	75-----50
متوسط	2.5-----1.9	50-----35
ناعم	2------1.5	35-----20

وهكذا فإن الرمل رقم 1 متوسط، والرمل رقم 2 خشن، والرمل رقم 3 ناعم.

وعن السطح النوعي لحبات الرمل فتحسب بمساعدة طريقة تمرير الهواء بين حبات الرمل ولكن للتبسيط هناك علاقة لادينسكي التقريبية لحساب السطح النوعي: (المرجع 5)

$$S = \frac{6.35}{1000} K\left(0.5a_5 + a_{2.5} + 2a_{1.25} + 4a_{0.63} + 8a_{0.315} + 16a_{0.14} + 32a_n\right)$$

حيث: K معامل تصحيح يساوي: $K = 2$ للرمال من بقايا مقالع.

$K = 1.65$ للرمال النهرية والبحرية المتوسطة الخشونة.

$K = 1.3$ للرمال البحرية والنهرية الناعمة.

a_n المار من المهزة 0.14mm كنسبة مئوية /% من الوزن الكلي وبهذا فإن السطح النوعي للرمل 1:

$$S_1 = 7.58\ m^2/kg = 75.8 cm^2/gr$$

$$S_2 = 7.64\ m^2/kg = 76.4 cm^2/gr$$

$$S_3 = 13.75\ m^2/kg = 137.5\ cm^2/gr$$

وتوضح هذه النتيجة أن وجود حبات الرمل الناعمة بكمية كبيرة في الرمل رقم 3 يجعل الرمل ذا سطح نوعي أكبر.

وأخيراً حساب نسبة الفراغات:

$$V_{PS} = \frac{\gamma_S - \gamma_{OS}}{\gamma_S} * 100\%$$

ويتضح للرمل رقم 1 $V_{PS1} = 38\%$

وللرمل رقم 2 $V_{PS2} = 41\%$

وللرمل رقم 3 $V_{PS3} = 46\%$

وهنا يجدر التنويه بأن نسبة الفراغات في الرمل الجيد يجب أن لا تتجاوز 38%.

المسألة رقم 110:

بنتائج التحليل الحبـــي لنوعين من الرمال تم رسم المنحنيات على الشكل (9). حلل هذه المنحنيات وحدد بالحساب بأية نسبة وزنية يجب مزج الرمل رقم 1 مع الرمل رقم 2 للحصول على الرمل رقم 3 الذي يتطابق مع المواصفات المطلوبة في المجال النظامي المعطى على الشكل (9).

الحل: من الشكل رقم (9) يتضح أن الرمل رقم 1 والرمل رقم 2 لا يطابقان المواصفات وهذا يمكن ملاحظته لخروج المنحنـــي للرمل 1 وللرمل 2 خارج المجال النظامي المظلل للرمل المطلوب.

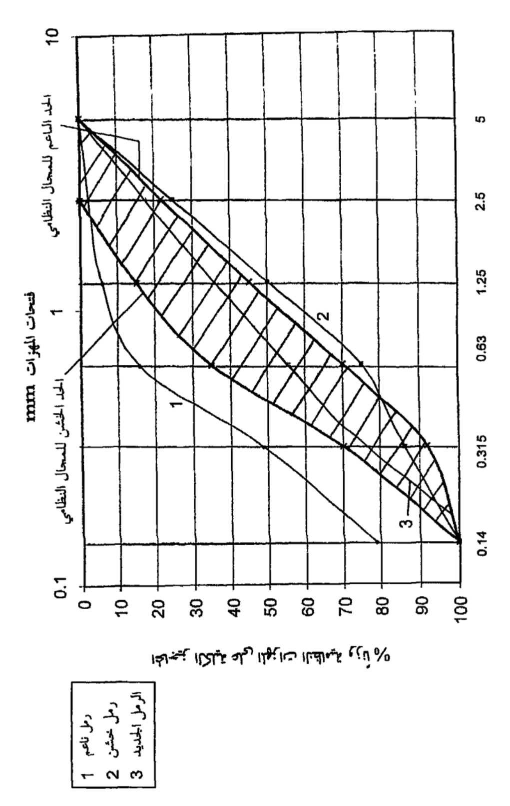
- وعلى أساس المحاجيز ومن الرسم يمكن تنظيم جدول للمحاجيز الكلية للرمل 1 والرمل 2 وهو الجدول رقم (17).

ويعتمد تنظيم الجدول ما يلي:

- إن منحنـــي أي رمل يحقق المواصفة المطلوبة يجب أن يقع داخل المجال النظامي (المظلل ولا يخرج منه كما هو الرمل رقم 1) على الشكل (8) وفي هذه المسألة وحيث أن الرمل الجديد الحاصل من مزج الرمل 1 مع الرمل 2 يجب أن يتميز بمحاجيز كلية لا تزيد عن قيم حدود المجال النظامي من الأسفل الشكل (8) وهذا الشرط يمكن أن يحقق باستخدام المعادلة:

$$A_1 * X + A_2 * (1 - X) = A_3$$

حيث: A_1, A_2, A_3 المحاجيز الكلية على نفس المهزة للرمال رقم 1 ورقم 2 ورقم 3 على التوالي.



الشكل (9): منحنيات نوعي الرمل الناعم والخشن وتوضعي بالنسبة للمجال النظامي (الجزء المظلل) ويبين الشكل توضع الرمل رقم 3 وهو الرمل المزيج أي المقبول

X و$(1-X)$ – نسبة الرمل رقم 1 ونسبة الرمل رقم 2 في الرمل رقم 3 ومنه:

$$X=\frac{A_3-A_2}{A_1-A_2}$$

وللمهزة 0.63 مثلاً:

$$\Rightarrow \quad X=\frac{35-15.8}{75-15.8}=0.326$$ وهي نسبة الرمل رقم 1 في الرمل المزيج

$1-X=0.674$ وهي نسبة الرمل رقم (2) في الرمل المزيج

الجدول (17)

تسلسل	التسمية	المحاجيز الكلية (%) على المهزات ذات الفتحة mm				
		2.5	1.25	0.63	0.315	0.14
1	الرمل رقم 1	2.3	5.8	15.8	48.8	78.8
2	الرمل رقم 2	25	50	75	86	100
3	المحاجيز الكلية للرمل رقم 1 مضروبة برقم 0.326	0.75	1.89	5.15	15.95	25.7
4	المحاجيز الكلية للرمل رقم 2 مضروبة بالرقم 0.674	16.75	33.8	50.6	58.1	67.4
5	المحاجيز الكلية للرمل رقم 3 والتـي تم الحصول عليها بجمع البند رقم (3) مع البند رقم (4) أي بجموع المحاجيز الكلية بعد التصحيح	17.5	35.69	55.65	74.05	93.1

إذاً يتم ضرب كافة المحاجيز الكلية للرمل 1 بقيمة X التـي تساوي 0.326 والمحاجيز الكلية للرمل 2 بـ (1-X) أي ضربها ب 0.674 وبجمع الناتج من عمليتـي الضرب يتم الحصول على المحاجيز الكلية للرمل 3.

مثلاً المهزة 0.63 المحجوز الكلي عليها يساوي:

$$15.8*0.326+75*0.674=55.65\%$$

وهكذا يجب إجراء الحساب بالضرب لجميع المهزات (الجدول رقم 17) للحصول على البنود (3, 4, 5) ليتم بعدها رسم المنحنـــي الذي يمثل التركيب الحبـــي للرمل 3 (انظر الشكل 9) حيث يظهر المنحنـــي الذي يمثل الرمل 3 والذي لا يخرج خارج المجال النظامي وهكذا:

يجب مزج نوعي الرمل بنسبة % 32.6 من الرمل 1 و% 67.4 من الرمل 2.

المسألة رقم 111:

أظهرت نتائج التحليل الحبـــي للرمل رقم (2) كما هو موضح على الشكل (8) في المسألة (109) السابقة أن هذا الرمل يحتوي على حبات أكبر من 5mm ولتحسين التركيب الحبـــي لهذا الرمل تم استبعاد هذه الأبعاد.

احسب المحاجيز الجزئية والكلية للرمل المفروز وارسم المنحنـــي البيانـــي للتركيب الحبـــي لهذا الرمل.

الحل: بعد أن يتم استبعاد 9% وهي نسبة الحبات التـــي تزيد عن 5mm يصبح مجموع أوزان الحبات المتبقية مساويا:

% 91 = 9− 100 (مع الأخذ بالحسبان المار من المهزة 0.14)

وللحصول على المحاجيز الجزئية للرمل الجديد يجب ضرب المحاجيز الجزئية للرمل رقم (2) بقيمة 1.099 = 100/91 (انظر الجدول رقم 18)

الجدول (18)

التسمية	المهزات ذات الفتحة (mm)					المار من المهزة
	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14	0.14mm
المحاجيز الجزئية للرمل الجديد رقم 4 (%)	6.04	17.02	41.62	16.58	8.78	5.48
المحاجيز الكلية (%)	6.04	23.06	69.26	85.74	94.52	−

وبالمقارنة يتبين أن التركيب الحبـــي للرمل رقم (4) الجديد الناتج عن تصحيح الرمل رقم

(2) مقبول ويحقق المواصفات انظر الشكل (8).

المسألة رقم 112:

إذا علمت أن التركيب الحبـي لنوعين من البحص مدرج في الجدول (19)، المطلوب: إجراء التقييم الهندسي اللازم للتركيب الحبـي لنوعي البحص (ويطلق اسم البحص على المزيج من عدة أبعاد لحبات البحص)

الجدول (19)

رقم مزيج البحص	المحاجيز الجزئية (%) على المهزات ذات الفتحات بأبعاد (mm)			
	40	20	10	5
1	5	45	45	5
2	0	4	92	4

الحل: لإجراء التقييم الصحيح من الأفضل أولاً رسم منحنـي التدرج الحبـي للنوع الأول من البحص ومنحنـي التدرج الحبـي للنوع الثانـي من البحص في جملة إحداثيات محورها الأول مقاس فتحات المهزات D والمحور الثانـي قيم المحاجيز الكلية. وبعد الحصول على هذين المنحنيين يجب تطبيقهما بالإسقاط على المجال النظامي المأخوذ من المواصفة (انظر الشكل 10)، ولذلك يجب تنظيم جدول المحاجيز الكلية وفق الجدول (20) وهي طبقاً نتيجة لجمع المحاجيز الجزئية على كل مهزة.

الجدول (20): المحاجيز الكلية لنوعي البحص

تسلسل	المحاجيز الكلية (%) على المهزات ذات الفتحات بقياس(mm)			
	40	20	10	5
البحص رقم 1	5	50	95	100
البحص رقم 2	0	4	96	100

إن Dmax توافق مقاس فتحات المهزات التـي تحجز محاجيز كلية عليها ولا تزيد قيمة هذا المحجوز عن 5%:

وهي للبحص رقم 1: Dmax = 40 mm

وهي للبحص رقم 2: Dmin = 20 mm

وDmin توافق مقاس فتحات المهزة التـــي يمر منها 5% على الأكثر من وزن عينة البحص، وهذه المهزة هي لنوعي البحص Dmin = 5 mm أي المهزة التـــي لا يقل المحجوز عليها عن 95%.

وينتج 0.5 (Dmax + Dmin)

هذه القيمة للبحص الأول رقم 1 تساوي 20mm

وللبحص الثانـــي رقم 2 تساوي 10mm

ويمكن الآن رسم المنحنـــي وتطبيقه على المجال انظر الشكل (10). حيث يتبين وبالمقارنة مع المجال النظامي للبحص النظامي أن البحص رقم (1) مطابق ويقع ضمن المجال النظامي وهو مقبول، وأما البحص رقم (2) فإنه يحتوي على الكثير من الحصويات ذات الأبعاد المتوسطة كما هو واضح وهو يقع خارج المجال النظامي وهو مرفوض.

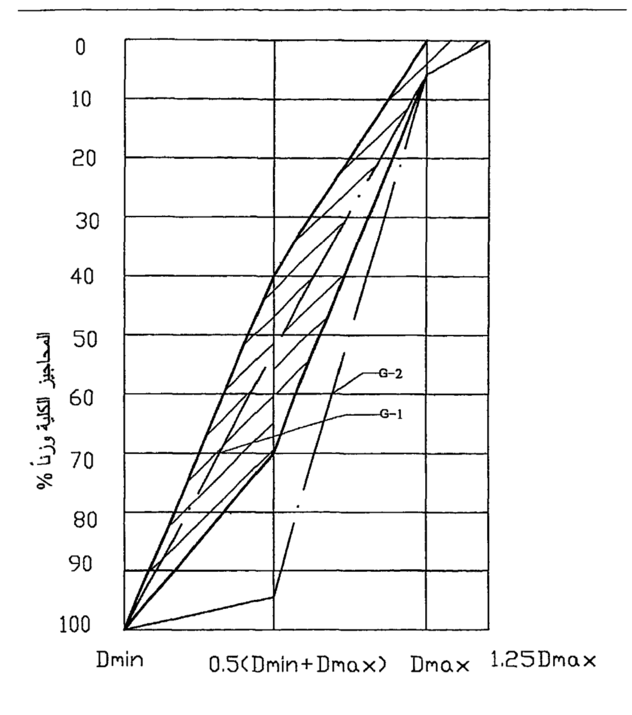
المسألة رقم 113:

إذا علمت أن المواصفات الخاصة بحصويات البيتون مجتمعة (بحص + رمل) تمثل مجالاً نظامياً مظللاً كما ورد في المسائل السابقة، وبعد العودة إلى المواصفة السورية أو الروسية أو غيرها فإن المطلوب:

هل يطابق الخليط المحضر من رمل وبحص بنسبة 1 رمل إلى 2 بحص للمواصفات من حيث التركيب الحبـــي إذا علمت أن المحاجيز الجزئية للرمل والبحص مدرجة في الجدول (21):

الجدول (21)

نوع الحصويات	المحاجيز الجزئية (%) على المهزات ذات الفتحات بقطر (mm)									المار من المهزة 0.14 mm وكنسبة مئوية%
	40	20	10	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14	
رمل	–	–	–	9	5.5	15.5	42	15	8	5
بحص	4	69	21	6	–	–	–	–	–	–



الشكل (10): منحنيات التدرج الحبـــي لنوعي البحص وعلاقتها بالمجال النظامي للبحص

الحل: يجب أولاً حساب المحاجيز الكلية للرمل والبحص كل على حدة قبل القيام بخلطهما وتنظيم جدول بقيم هذه المحاجيز كما في الجدول (22):

الجدول (22): المحاجيز الكلية للرمل والبحص كل على حدة

نوع الحصويات	المحاجيز الكلية (%) على المهزات ذات الفتحة (mm)								
	40	20	10	5	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14
رمل	–	–	–	9	14.5	30	72	87	95
بحص	4	73	94	100	–	–	–	–	–

وكما هو واضح فإن الرمل يحتوي على حبات بأبعاد أكبر من 5mm بنسبة 9% ولهذا فإن نسبة الحبات بنفس الأبعاد 10)mm - 5) في البحص سترتفع بقيمة:

4.5 = 0.5 * 9 حيث تم الضرب ب 0.5 للحفاظ على نسبة 1 رمل إلى 2 بحص

وهذا بدوره سيتسبب بتغيير النسب المئوية لكافة المحاجيز الجزئية للبحص. وعلى سبيل المثال للمهزة ذات الفتحة 5 mm يكون:

$$\frac{4.5+6}{104.5}*100=10.05\%$$

حيث: 6 المحجوز الجزئي للبحص على المهزة 5 mm

104.5 مجموع المحجوز الكلي على نفس المهزة بعد التعديل بإضافة 4.5%.

وبالطبع ولبقية المهزات يجب أن تنقص المحاجيز الجزئية بقيمة:

$$\frac{104.5}{100}=1.045$$ مرة

وهكذا يتم إدراج المحاجيز الجزئية والكلية للبحص بعد خلطه بجزء الرمل ذي الحبات الأكبر من 5 mm وتنظيم الجدول (23) لذلك.

الجدول (23)

التسميات	المحاجيز (وزن %) على المهزات ذات الفتحات (mm)			
	40	20	10	5
المحاجيز الجزئية	3.83	66	20.12	10.05
المحاجيز الكلية	3.83	69.83	89.85	100

فإذا تم رسم منحنـــي بيانـــي وفق معطيات الجدول (23) تبين أن هذا المنحنـــي

للبحص المدروس يقع ضمن المجال المظلل أي أنه مقبول بالمقارنة مع المجال النظامي للبحص.

المسألة رقم 114:

تم إحضار نوعين من الرمل إلى معمل البيتون المسبق الصب: الأول رقم (1) نهري ذو حبيبات ناعمة والثانـــي رقم (2) من المقالع الجبلية ذو حبيبات خشنة، وكما هو مبين على الشكل (11) فإن نوعي الرمل المذكورين لا يحققان شروط الرمل النظامي لصنع الأنابيب البيتونية للضغط العالي (انظر المجال النظامي على الشكل 11). فإذا كان الوزن النوعي للرمل رقم 1: $\gamma_1 = 2.62 gr/cm^3$ والوزن الحجمي له $\gamma_{o1} = 1550 kg/m^3$ وللرمل رقم 2: الوزن النوعي $\gamma_2 = 2.65 gr/cm^3$ والوزن الحجمي له $\gamma_{o2} = 1450 kg/m^3$

وقد بينت تجربة تحديد كمية الماء اللازمة لنوعي الرمل لتحضير مزيج من عجينة إسمنتية ذات لزوجة نظامية محددة بالعلاقة المائية الإسمنتية W/C = 0.245 أنه لهبوط المخروط لنوعي الرمل المساوي 170mm كانت العلاقة المائية الإسمنتية للمونة المحضرة من الرمل رقم 1 بتركيب 1:2 أي وزن واحد إسمنت لوزنين رمل تساوي W/C = 0.48 وللرمل رقم 2 .W/C = 0.36

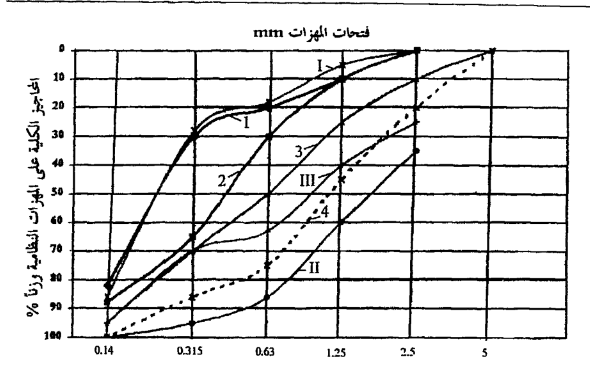
والمطلوب:

- احسب معامل الخشونة واحسب السطح النوعي.
- احسب كمية الماء اللازمة وكذلك نسبة الفراغات في نوعي الرمل المدروسين.
- بين بأي نسبة يجب مزج الرمل الأول رقم (1) مع الرمل الثانـــي رقم (2) للحصول على رمل مزيج رقم (3) يحقق شروط الرمل النظامي الخاص بتصنيع الأنابيب البيتونية المسلحة بضغط داخلي عالٍ.

الحل: يتم حساب معامل الخشونة (النعومة) بتقسيم مجموع المحاجيز الكلية على المهزات على 100 ولذلك وبالعودة للشكل (11) تتم قراءات المحاجيز الكلية على المهزات ذات الفتحات بمقياس mm : 2.5; 1.25; 063; 0.315; 0.14 وهذا يعنـــي:

للرمل رقم 1 : $M_{K1} = \dfrac{0+5+17+28+85}{100} = 1.35$

للرمل رقم 2 : $M_{K2} = \frac{32+60+85+95+100}{100} = 3.7$



الشكل (11): المجالات النظامية والتراكيب الحبية لأنواع الرمال الخاصة بالمسألة

ونلاحظ في الشكل (11):

1- الحدود الدنيا المسموحة لنعومة الرمل (معامل النعومة 1.5).

2- الحدود الدنيا التـــي ينصح بها لنعومة الرمل (معامل النعومة 2) وذلك لأنواع البيتون المطلوبة في هذه المسألة.

3- الحدود التـــي ينصح بها للرمل المستخدم في البيتون الخاص بهذه المسألة معامل النعومة (2.5.

4- الحدود العظمى المسموحة لخشونة الرمل لمعامل الخشونة 3.25)

I- الرمل رقم 1 - II الرمل رقم 2 - III الرمل رقم 3.

- ولحساب السطح النوعي يمكن الاستعانة بالعلاقة التقريبية:

$$S = \frac{6.35 * K}{1000}(0.5a + b + 2c + 4g + 8d + 16e + 36G)$$ (المرجع 7)

حيث K معامل تصحيح يتعلق بنوع الرمل من حيث المنشأ وهو يساوي:

K = 2 للرمل من المقالع الجبلية

K = 1.65 لأنواع الرمال من منشأ نهري أو بحري، متوسطة الخشونة

K = 1.3 لأنواع الرمال من منشأ نهري وبحري، ناعمة.

أما e, d, g, c, b, a فهي المحاجيز الجزئية على المهزات ذات مقاس الفتحات على التوالي: .0.14, 0.31, 0.63, 1.25, 2.5, 5.0

أما G فهو المار من المهزة 0.14mm.

ويمكن حساب المحاجيز الجزئية ببساطة بطرح المحاجيز الكلية من بعضها للمهزات من الأعلى إلى الأسفل.

- وهكذا فإن S للرمل رقم 1:

$$S=\frac{6.35*1.3}{1000}(0.5*0+0+2.5+4*12+8*11+16*57+36*15)=13.1m^2/kg$$

وللرمل رقم 2 :

$$S=\frac{6.35*2}{1000}(0.5*5+27+2*28+4*25+8*10+16*5)=4.39m^2/kg$$

- وأما تحديد كمية الماء اللازمة للرمل فيمكن حسابها من العلاقة:

$$W_S=\frac{(W/C)_m-(W/C)_A}{2}*100$$

حيث أن $(W/C)_m$ هي العلاقة المائية الإسمنتية للمونة المحضرة من الرمل 1 وتساوي 0.48

$(W/C)_A$ هي العلاقة المائية الإسمنتية للعجينة الإسمنتية وتساوي 0.245

وبالتعويض للرمل رقم 1:

$$W_{S1}=\frac{0.48-0.245}{2}*100=11.75\%$$

وللرمل رقم 2:

$$W_{S2}=\frac{0.36-0.245}{2}*100=5.75\%$$

- نسبة الفراغات في الرمل تحسب للرمل رقم 1 من العلاقة:

$$P_1 = \left(\frac{\gamma_1 - \gamma_{O1}}{\gamma_1}\right) * 100 = \frac{2.62 - 1.55}{2.62} * 100 = 40.8\%$$

وللرمل رقم 2 أيضاً بطرح الوزن الحجمي من الوزن النوعي والتقسيم على الوزن الحجمي والضرب بـــ 100 :

$$P_2 = \left(\frac{\gamma_2 - \gamma_{O2}}{\gamma_2}\right) * 100 = \frac{2.65 - 1.45}{2.65} * 100 = 45.2\%$$

- ولحساب الطلب الأخير:

من أجل الحصول على الرمل المزيج رقم 3 ذي المحجوز الكلي A_3 المتغير على كل مهزة من مزج الرمل رقم 1 ذي المحاجيز الكلية A_1 مع الرمل رقم 2 ذي المحاجيز الكلية على المهزات A_2 لذلك يجب تحقيق الشرط التالي:

$$100A_3 = A_1 * X + A_2 * (100 - X)$$

حيث: X نسبة الرمل رقم 1 في الرمل المزيج رقم 3.

(100-X) نسبة الرمل رقم 2 في الرمل المزيج رقم 3.

فمثلاً من أجل حساب قيمة X على المهزة ذات الفتحة 0.63 mm لمحجوز كلي $A_3 = 60\%$ يجب أخذ:

$$X = \frac{85 - 60}{85 - 17} * 100 = 36\%$$

وبتحقيق هذا الشرط يمكن إيجاد التركيب الحبـــي للرمل المزيج رقم 3 عند قيمة $X = 36\%$ وقيمة $100 - X = 64\%$ انظر الجدول رقم (24):

وهكذا يمكن إذاً الحصول على رمل رقم 3 مقبول من حيث تركيبه الحبـــي ويقع ضمن المجال النظامي الذي ينصح به للرمل المستخدم في صنع أنابيب البيتون المسلح ذي الضغط الداخلي العالي من نوعين مرفوضين من الرمل انظر الشكل (11).

المسألة رقم 115:

في مجبل مركزي تم استلام كمية من المللدن (وهي مادة من منشأ عضوي طبيعي أو

كيميائي) تستخدم لتخفيض نسبة الماء في البيتون وبالتالي لتحسين الخواص الفيزيوميكانيكية للبيتون)، ويسمى هذا الملدن (الليغنوسولفانات التقني) وهذه المادة ذات وزن نوعي $\gamma_p = 1.266 gr/cm^3$. مصروف الإسمنت من أجل $1m^3$ من البيتون $C = 350kg$ والماء $W = 157\ L$.

الجدول (24)

رقم المهزة	2.5	1.25	0.63	0.315	0.14	MK
المحاجيز الكلية % أي A_3 عند $X = 36\%$	20.48	40.2	60.52	70.88	94.6	2.87
المحاجيز الكلية النظامية التي ينصح بها للرمل المستخدم لأنابيب البيتون المسلح ذي الضغط العالي الداخلي	10-20	25-45	50-70	70-90	95-100	2.5-3.25

نسبة إضافة الملدن المثلى والتي تم حسابها بإجراء العديد من التجارب هي $S = 0.25\%$ من وزن الإسمنت كمادة جافة والمطلوب:

- احسب كمية الملدن اللازمة لتحضير $V_{SW} = 1000\ L$ محلول مائي يحتوي على الملدن.
- احسب مصروف الملدن من أجل $1m^3$ من البيتون عندما يكون المحلول المائي الملدن بتركيز تنفيذي عادي، وعندما يكون المحلول المائي الملدن بتركيز 10%.

الحل: من المعلوم أن المحلول المائي الملدن (الحاوي على الملدن) يتم ضخه في المجبل البيتوني الدوار أو الجبالة الدوارة المحمولة على سيارة بشكل محلول ذائب تكون كمية الماء اللازمة محسوبة بدقة بوجود الملدن.

- وهكذا يتم حساب حجم الملدن V_S بالحالة السائلة، هذا الحجم اللازم لتحضير الحجم المطلوب من المحلول المائي الملدن بالعلاقة:

$$V_S = \frac{V_{SW} * C * S}{100 * W * d}$$

حيث: d نسبة المادة الجافة في $1\ L$ من الملدن أي تركيز الملدن وحده.

ومن المعلوم أن تركيز محلول الملدن يمكن إيجاده في الجداول والنورمات الخاصة بالملدنات (كاتالوج الصانع) ويتعلق ذلك بكثافة المحلول المعطاة ووزنه النوعي.

ولهذا النوع (اللغنوسولفانات التقنـــي) التركيز % يمكن أن يحسب بالعلاقة التجريبية التالية:

$$d = \frac{237(\gamma_s - 1)}{\gamma_s}$$

وبما أن الوزن النوعي للملدن في هذه المسألة $\gamma_s = 1.266 gr/cm^3$ وهنا $d \approx 50\%$ أو $d = 0.633$ kg/L وبالتعويض يكون:

$$V_S = \frac{1000 * 350 * 0.25}{100 * 157 * 0.633} = 8.8L$$

والكمية وزناً m_s:

$$m_S = V_S * \gamma_S = 8.8 * 1.266 = 11.15kg$$

وهكذا تكون كثافة المحلول المائي الملدن:

$$\gamma_{WS} = \frac{m_S + W_S}{V_{SW}} = \frac{11.15 + 991.2}{1000} = 1.002 g/cm^3$$

حيث: W_S هي كمية الماء في المحلول المائي الملدن بالليتر أو بالكغ بعد حذف 8.8 L وهي حجم الملدن في المحلول.

- مصروف المحلول المائي الملدن من أجل $1m^3$ من البيتون حجماً:

$$V_{SW} = \frac{100 * W + C * S}{100 * \gamma_{WS}} = \frac{100 * 157 + 350 * 0.25}{100 * 1.002} = 157.56L$$

- ويكون ذلك وزناً: $m_{sw} = 157.56 * 1.002 = 157.87kg$

- عند استخدام محلول الملدن بتركيزه العالي يتم إضافة الكمية المحسوبة منه أصولاً إلى كمية الماء اللازمة بعد تخفيفها بنفس حجم المحلول الملدن المضاف أو يتم خلط وإذابة الملدن بمكونيه الصلب والسائل قبل تحضير ما يسمى بالمحلول المائي التنفيذي الملدن للاستخدامات العادية.

- إن كثافة محلول الملدن بتركيز 10% يساوي:

$$\gamma_{S(10)} = \frac{237}{237-10} = 1.044 gr/cm^3$$

أي $d_I = 0.104$ kg/L وقد أخذ الرقم 237 من العلاقة التجريبية التـــي تم بموجبها حساب تركيز محلول الملدن.

- إن مصروف الملدن بمحلوله ذي التركيز 50% وزناً:

$$m'_S = 164.2 * 1.266 = 207.9 kg$$

- ومنه مصروف محلول الملدن بتركيز 10% من أجل $1m^3$ بيتون:

$$V_S = \frac{C * S}{K * \gamma'_{S(10)}} = \frac{350 * 0.25}{10 * 1.044} = 8.38 L$$

حيث: K تركيز المحلول المحضر %.

- إن كمية الماء اللازمة لتحضير المحلول المائي الملدن وذلك من أجل $1m^3$ من الخلطة البيتونية:

$$W_I = W - V_S * \gamma'_{S(10)}\left(1 - \frac{K}{100}\right) = 157 - 8.38 * 1.044\left(1 - \frac{10}{100}\right) = 149 L$$

وكما هو واضح فإنها تقل عن 157 ليتراً بمقدار 8 ليترات.

المسألة رقم 116:

احسب التركيب التقديري للبيتون المستخدم في إنشاء سد جانبـــي على نهر حيث سيستخدم هذا البيتون في الجزء العلوي من السد (الجزء غير المغمور بالماء)، البيتون بماركة 200 على أن يكون هبوط المخروط لخلطة هذا البيتون 4-5 cm. إذا علمت أن المواد المستخدمة: إسمنت بورتلاندي ماركة $f_c = 45 MPa$ – الرمل ناعم وكمية الماء اللازمة له $W_S = 9\%$ (رطوبة التوازن الطبيعي) ووزنه النوعي $\gamma_S = 2.65 gr/cm^3$ – البحص ثقيل من نوع عالي الجودة بأبعاد عظمى 70 mm ذو وزن نوعي $\gamma_G = 2.6 gr/cm^3$ ووزن حجمي ردمي $\gamma_{OG} = 1450 kg/m^3$.

الحل: لتحديد تركيب البيتون بشكل تقديري يتم استخدام علاقات متانة البيتون المعروفة

ويتم البدء بحساب النسبة المائية الإسمنتية من العلاقة:

$$f_b = A * f_c\left(\frac{C}{W} - 0.5\right)$$

حيث: f_c ماركة الإسمنت أو حد المتانة على الضغط لعينات المونة الإسمنتية النظامية بالعمر النظامي.

f_b مقاومة البيتون أي حد المتانة على الضغط لعينات بيتونية نظامية بعمر نظامي.

A معامل جودة الحصويات وظروف التنفيذ وغيرها ويساوي 0.55.

$$\frac{W}{C} = \frac{A * f_c}{f_b + 0.5A * f_c} = \frac{0.55 * 45}{20 + 0.5 * 0.55 * 45} = \frac{24.75}{32.37} = 0.76$$

ولكن من المعلوم أن أكبر قيمة مسموحة للعلاقة W/C والتــي تؤمن مجموعة الاشتراطات والخواص المطلوبة للبيتون فوق الماء في هذه المنشآت يجب أن لا تزيد عن 0.65.

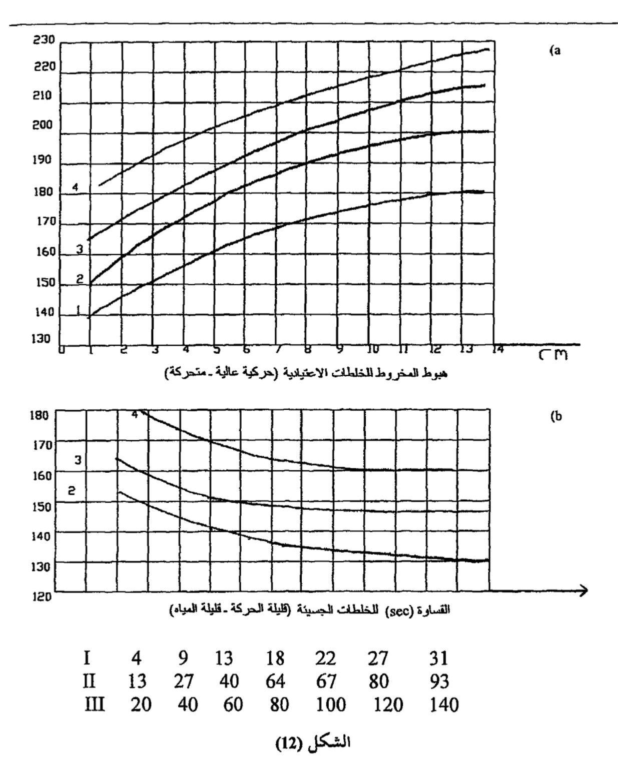
ومن أجل الاقتصاد في الإسمنت ولتخفيض W/C أيضاً يمكن استخدام الإجراء الهندسي المتطور بإضافة مالئ طبيعي وكمثال في هذه المسألة خبث الأفران X (أفران صناعة الحديد والصلب) وهذه المادة ذات وزن نوعي $\gamma_x = 2.1 gr/cm^3$.

ويتم حساب مصروف الماء من منحنيات الشكل (12) وبإجراء تعديل بعد الأخذ بعين الاعتبار كمية الماء اللازمة للرمل واستخدام البحص أي بدلالة أبعاد البحص فإن مصروف الماء من الجدول 155 L ولنعومة الرمل وتطلبه للماء بنسبة 9% (2*5 L)، وللبحص بدلاً من الزلط 10L يصبح:

$$W = 155 + 5 * 2 + 10 = 175 L/m^3$$

ويكون مصروف الإسمنت من شروط المتانة (المقاومة النظامية للبيتون):

$$C = \frac{W}{W/C} = \frac{175}{0.76} = 230 kg/m^3$$



الشكل (12)

الشكل (12): منحنيات كميات الماء اللازمة للخلطات البيتونية المحضرة من الاسمنت البورتلاندي والرمل متوسط الخشونة (كمية الماء اللازمة له 7%) وبحص أو زلط بأبعاد عظمى وفق ما يلي:

1 - 80mm، 2 - 40mm، 3 - 20mm، 4 - 10mm

I - قساوة الخلطة حسب النورم الروسي

II - وفق الفيسكوزليمتر

III - بالطريقة المبسطة المخروط المختصر والديسك المرقم (محاضرات مواد البناء العملية)

ملاحظة 1: عند استخدام البحص بدلا من الزلط النهري أو البحري يتم رفع مصروف الماء بمقدار 10 L.

ملاحظة 2: إذا كان الرمل المستخدم ناعما ويتطلب كمية ماء أكثر من 7% يتم رفع مصروف الماء بواقع 5 L لكل 1% فوق السبعة بالمائة، وكذلك عند استخدام رمل خشن يتطلب كمية ماء أقل من 7% يتم تخفيض مصروف الماء بواقع 5 L لكل واحد بالمائة 1% تحت السبعة بالمائة المعتمدة للمنحنيات على الشكل (12).

ملاحظة 3: عند استخدام الاسمنت البوزولانـــي يتم رفع مصروف الماء بواقع 15-20 L.

ملاحظة 4: عند استخدام مصروف الاسمنت 450-500 للمتر المكعب الواحد يتم رفع مصروف الماء بواقع 10 L لكل 100 kg إسمنت.

ويمكن إيجاد مصروف المادة الفلذية المضافة (خبث الأفران) بالعلاقة:

$$X = \frac{\frac{W}{C} - (W/C)'}{(W/C)'} * C$$

حيث: $(W/C)'$ العلاقة المائية الإسمنتية المحققة لشروط الديمومة كما ذكر أعلاه كأكبر قيمة مسموحة.

وهكذا:

$$X = \frac{0.76 - 0.65}{0.65} * 230 = 39 kg/m^3$$

- وتكون كمية المادة القابضة (إسمنت + مالئ فلزي (خبث الأفران)):

$$C + X = 230 + 39 = 269 kg/m^3$$

- فراغات البحص:

واستناداً للعلاقة المائية الإسمنتية W/C ومصروف الإسمنت يتم من الجدول رقم (25) اختيار قيمة معامل توسيع الفراغات وهو يساوي $K_T = 1.34$.

الجدول (25): قيم معامل توسيع الفراغات

مصروف الاسمنت	W/C				
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
250	–	–	1.26	1.32	1.38
300	–	1.30	1.36	1.42	–
350	1.32	1.38	1.44	–	–
400	1.40	1.46	–	–	–

وقد تم حساب K_T بالنسبة والتناسب.

ويكون مصروف البحص والرمل:

$$\text{البحص}\quad G = \frac{1000}{\frac{P_G * K_T}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = \frac{1000}{\frac{0.44*1.34}{1.45} + \frac{1}{2.6}} = 1150 kg/m^3$$

$$\text{الرمل}\quad S = \left[1000 - \left(\frac{230}{3.1} + \frac{39}{2.1} + \frac{175}{1} + \frac{1150}{2.6}\right)\right] * 2.65 = 769 kg/m^3$$

وللاختصار وسهولة الكتابة والتعامل مع تركيب الخلطات واعتماد التعبير للمواد الداخلة في البيتون وزناً يتم تقسيم مصروف كل مادة على مصروف الإسمنت وفق ما يلي:

$$\frac{C}{C}:\frac{S}{C}:\frac{G}{C}:\frac{W}{C}:\frac{X}{C} = \frac{230}{230}:\frac{769}{230}:\frac{1150}{230}:\frac{175}{230}:\frac{39}{230} = 1:3.3:5:0.76:0.17$$

أي يمكن القول عندها أنه لكل كمية من البيتون يجب أن نأخذ مثلاً واحد إسمنت و3.3 أمثال رمل و5 أمثال بحص و0.76 ماء و0.17 من وزن الإسمنت كمادة مالئة مضافة (خبث الأفران) وذلك لسهولة التعبير والكتابة والشرح.

المسألة رقم 117:

إذا علمت أنه للحصول على $100\ m^3$ من الخلطة البيتونية الإسمنتية ذات العلاقة المائية

الإسمنتية W/C=0.7 تستخدم كمية من الإسمنت m_c=32t ومن الرمل حجماً $V_S = 45m^3$ ومن البحص $V_G = 78m^3$.

فإذا كانت الأوزان الحجمية للإسمنت والرمل والبحص على التوالي (kg/m^3) هي:

$$\gamma_{OG} = 1450; \qquad \gamma_{OS} = 1500; \qquad \gamma_{OC} = 1300$$

والأوزان النوعية أيضاً على التوالي (g/cm^3) هي:

$\gamma_G = 2.65; \qquad \gamma_S = 2.65; \qquad \gamma_C = 3.1$ وكمية الماء المرتبط كيميائياً هي 20% من وزن الإسمنت.

فاحسب: – معامل خروج البيتون.

– الوزن الحجمي والوزن النوعي له.

– نسبة الفراغات والمسامات فيه.

الحل: إن معامل خروج الخلطة البيتونية يساوي:

$$\beta = \frac{V_{b.M}}{V_C + V_S + V_G}$$ المراجع (4– 3 – 2– 1)

حيث: $V_{b.M}$ – حجم الخلطة البيتونية.

V_C – V_S – V_G – هي حجوم الإسمنت والرمل والبحص.

ويتم حساب الحجم الردمي للإسمنت مثلاً بتقسيم وزن الإسمنت على وزنه الحجمي ومنه حجم الإسمنت:

$$V_C = \frac{m_c}{\gamma_{OC}} = \frac{32}{1.3} = 24.6m^3$$

وهكذا يكون معامل خروج الخلطة:

$$\beta = \frac{100}{24.6 + 45 + 78} = 0.68$$

الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{O.bM} = \frac{m_c + m_w + m_s + m_G}{V_{bM}} = \frac{32 + 22.4 + 67.5 + 113.1}{100} = 2.35t/m^3$$

ويتم إيجاد مصروف الرمل والبحص وزناً بضرب المصروف بقيمة الوزن الحجمي:

$$m_S = 45 * 1.5 = 67.5t$$
$$m_G = 78 * 1.45 = 113.1t$$

وأما الماء m_w فيحسب وزنه كحاصل ضرب مصروف الإسمنت بالعلاقة W/C:

$$m_W = 32 * 0.7 = 22.4t$$

ولحساب الوزن الحجمي الوسطي للبيتون γ_{ob} عند تبخر كل الماء الزائد (غير المتفاعل) يجب إدخال كمية الماء المتفاعلة (المرتبطة كيميائياً فقط) m_{XW} وهي تساوي:

$$m_{XW} = 32 * 0.2 = 6.4\,t$$

فيكون الوزن الحجمي للبيتون:

$$\gamma_{ob} = \frac{32 + 6.4 + 67.5 + 113.1}{100} = 2.19\,t/m^3$$

ويمكن حساب الوزن النوعي للبيتون من العلاقة:

$$\gamma_b = \frac{m_c + m_{xw} + m_s + m_G}{V_{ac} + V_{xw} + V_{as} + V_{aG}} = \frac{32 + 6.4 + 67.5 + 113.1}{10.3 + 6.4 + 67.1} = 2.61\,t/m^3$$

حيث: V_{ac} هو الحجم المطلق للإسمنت ويساوي $\frac{m_c}{\gamma_c}$ أي أن $V_{ac} = \frac{32}{3.1} = 10.3\ m^3$

وV_{as} الحجم المطلق للرمل ويساوي $\frac{m_s}{\gamma_s}$ الحجم المطلق للبحص V_{ag} ويساوي $\frac{m_G}{\gamma_G}$

$$V_{aG} + V_{as} = \frac{(113.1 + 67.5)}{2.65} = 67.1$$

وللماء نفس الكمية حيث يتم التقسيم على $\gamma_w = 1$ ويمكن الآن حساب الفراغات (المسامات) للبيتون:

$$P_b = \frac{\gamma_b - \gamma_{ob}}{\gamma_b} * 100 = \frac{2.61 - 2.19}{2.61} * 100 = 16.3\%$$

ويمكن أيضاً حساب المسامية للبيتون بشكل تقريبـــي بعلاقة أخرى:

$$b = \frac{W - m_{XW} * C}{1000} * 100$$

حيث: m_{XW} نسبة الماء المتفاعل كيميائياً (المرتبط) وذلك كنسبة من وزن الإسمنت:

وتحسب كمية الماء من أجل $1m^3$ من الخلطة بتقسيم كمية الماء كاملة على الحجم العام

للخلطة:

$$W = \frac{m_w}{V_{bM}} = \frac{22400}{100} = 224\,kg/m^3$$

وكذلك الإسمنت:

$$C = \frac{m_c}{V_{bM}} = \frac{32000}{100} = 320\,kg/m^3$$

وهكذا فإن المسامية تساوي:

$$P_b = \frac{224-(320*0.2)}{1000}*100 = 16\%$$

المسألة رقم 118:

إذا علمت أن المقاومة المميزة للبيتون المحضر من إحضارات اعتيادية جيدة بعمر n = 14 يوماً كانت $f_b^{14} = 25MPa$ وذلك لنسبة W/C = 0.5. فاحسب ماركة الإسمنت (مقاومة عينات نظامية لمونة إسمنتية نظامية بعمر نظامي = 28 يوماً) وذلك بشكل تقريبـــي ومقبول.

الحل: لحساب ماركة الإسمنت بشكل تقريبـــي يمكن استخدام العلاقة المعروفة:

$$f_b = A * f_c\left(C/W - 0.5\right) \qquad (1)$$

حيث: A معامل جودة الحصويات وشروط التنفيذ ويساوي لهذا المثال 0.6.

f_b مقاومة البيتون لعينات بيتونية نظامية بعمر 28 يوماً.

C/W النسبة الإسمنتية المائية وتساوي $\frac{1}{0.5} = 2$

ويمكن الآن استخدام علاقة حساب المقاومة للبيتون بعمر 28 يوماً:

$$f_b^{28} = f_b^n * \frac{lg28}{lgn} = 25 * \frac{1.447}{1.146} = 32MPa \qquad (2)$$

فتكون ماركة الإسمنت تقريبياً وبالعودة للعلاقة رقم (1):

$$32 = 0.6 * f_c(2-0.5) \Rightarrow f_c = \frac{32}{0.6*1.5} = 35\,MPa$$

المسألة رقم 119:

في معمل البيتون مسبق الصب تم تصنيع بيتون ماركة f_b=300 (حد المتانة على الضغط لعينات نظامية بعمر نظامي) وهبوط المخروط تراوح من 9-12 cm واستخدم له إسمنت 400 = f_c (حد المتانة على الضغط لعينات مونة نظامية من هذا الإسمنت بعمر نظامي) وللسرعة تم معالجة العناصر البيتونية المحضرة بالبخار والحرارة حيث يكتسب العنصر البيتونـــي بهذه المعالجة 70% من الماركة خلال وقت قصير محدد.

ولكن تبين أن هذا البيتون بعد المعالجة لم يصل للمقاومة المطلوبة مما أوجد ضرورة لرفع ماركة البيتون إلى $f_b = 400$.

ومن أجل الاقتصاد في الإسمنت تم استخدام إضافة كيميائية تحتوي على ملدن ومسرع تصلب.

والمطلوب:

احسب فعالية الملدن إذا علمت أن الإضافة الملدنة تمكن من تخفيض مصروف الماء بنسبة 8% دون أن يتأثر هبوط المخروط أو المتانة، وأن استخدام الملدن مسرع التصلب المذكور يمكن من الحصول على 70% من ماركة البيتون $f_b = 350$ بعد المعالجة بالبخار والحرارة. إن أكبر أبعاد حبات المواد الحصوية المستخدمة لا تتجاوز 40 mm.

الحل: يمكن أولاً حساب الاقتصاد في الإسمنت نتيجة لإضافة مسرع التصلب أثناء تغيير ماركة البيتون من 400 إلى 350

ومن العلاقة $$f_b = A * f_c\left(C/W - 0.5\right) \quad (1)$$

ينتج $$C/W = \frac{f_b + 0.5f_c \cdot A}{A * f_c}$$

ومصروف الإسمنت: $$C = \left(C/W\right) * W1 \quad (2)$$

ومن الشكل (12) يتضح أن مصروف الماء يساوي 195 kg.

وللبيتون ماركة 400 يكون قيمة C/W وقيمة C على التوالي:

$$C/W = \frac{40 + 0.5 * 0.6 * 40}{0.6 * 40} = 2.1$$ ومنه تكون قيمة C:

$$C = 2.1 * 195 = 410\,kg$$

وعند تغيير ماركة البيتون تتغير قيمة C/W:

$$\Delta\left(C/W\right)=\frac{\Delta f_b}{\Delta f_c} \qquad (3)$$

حيث: $\Delta\left(C/W\right)$ الفارق في النسبة الإسمنتية المائية لكل ماركة من ماركات البيتون.

ΔF_b الفارق في مقاومة الضغط للعينات البيتونية النظامية بالعمر النظامي ماركات التـــي تجري مقارنتها.

وهكذا فإن الانتقال من ماركة البيتون 400 إلى ماركة 350 يستدعي:

$$\Delta\left(C/W\right)=\frac{40-35}{0.6*40}=0.21$$

ويتضح أن الاقتصاد في الإسمنت عند إضافة مسرع التصلب تحسب:

$$\Delta C_1=\frac{\Delta C/W}{W}=0.21*195=41kg$$

إن كمية 41 kg من الإسمنت تشكل 10% من مصروف الإسمنت اللازم للحصول على ماركة بيتون 400.

أما الاقتصاد الإضافي في مصروف الإسمنت نتيجة لإضافة الملدن يمكن حسابه وفق العلاقة:

$$\Delta C_2=\left(C/W\right)*\Delta W$$

حيث: ΔW انخفاض كمية الماء في الخلطة البيتونية.

وللبيتون ماركة 350 تكون C/W والتـــي تم حسابها وفق العلاقة (1) في بداية الحل تساوي C/W = 1.96 وتكون ΔW:

$$\Delta W=195*0.08=15.6kg$$

حيث: 0.08 وردت في نص المسألة وهي النقص في مصروف الماء لوجود الملدن فيكون:

$$\Delta C_2=1.96*15.6\approx 30kg$$

وتحسب الكمية الكاملة للإسمنت الذي تم اقتصاده نتيجة لإضافة مسرع التصلب والملدن كما يلي:

$$\Delta C=\Delta C_1+\Delta C_2=41+30=71kg$$

وهذا يشكل نسبة 17% من الإسمنت قبل إضافة الملدن أو المسرع أي المادة أي أن الإضافة الكيميائية المكونة من (ملدن + مسرع) مكنت من الاقتصاد في الإسمنت بنسبة 17%.

4.2 البيتون

المسألة رقم 120:

احسب التركيب التقديري (المخبري) لبيتون ثقيل ماركة 300 سيستخدم في منشآت كتلية مع التسليح إذا علمت أن المواد المستخدمة:

إسمنت بورتلاندي ماركة 400 ووزن نوعي $\gamma_c = 3.1 kg/L$ – الرمل متوسط الخشونة يتطلب رطوبة طبيعية 7% ذو وزن نوعي $\gamma_s = 2.63 kg/L$ – البحص جيد وأبعاد أكبر الحبات 40mm ذو وزن نوعي $\gamma_G = 2.6 kg/L$ ووزن حجمي $\gamma_{OG} = 1.48 kg/L$ حيث أن هذه الحصويات تعتبر ميدانية عادية.

الحل: يتم البدء عادة في هذه المسائل بحساب W/C ويمكن إيجادها من القوانين التجريبية:

$$f_b = A * f_c \left(C/W - 0.5 \right) \quad (1)$$

أو:

$$f_b = A_1 * f_c \left(C/W + 0.5 \right) \quad (2)$$

ويمكن أخذ قيمة المعامل A و A_1 من الجدول رقم (26):

الجدول (26): قيم معامل جودة الحصويات

صفات الحصويات المستخدمة في البيتون	A	A_1
الحصويات عالية الجودة	0.65	0.43
حصويات ميدانية عادية	0.60	0.40
الحصويات ذات نوعية متوسطة نسبياً	0.55	0.37

وهنا يجب التذكر أن العلاقة رقم (1) ينصح بها وتستخدم في الحالات التالية:

$$A = 0.65 \quad \Rightarrow \quad f_b \le 1.3 f_c$$
$$A = 0.60 \quad \Rightarrow \quad f_b \le 1.2 f_c$$

$$A = 0.55 \qquad \Rightarrow \qquad f_b \le 1.1 f_c$$

وإذا كان المطلوب مقاومات أكبر للبيتون ينصح باستخدام العلاقة الثانية.

وكما هو معلوم فإنه لأنواع البيتون ذات النسبة $W/C \ge 0.4$ يستخدم القانون الأول، أما لأنواع البيتون ذات النسبة $W/C < 0.4$ يستخدم القانون الثاني.

وفي هذه المسألة لدينا: $f_b = \frac{300}{400} = 0.75 f_c$

ولهذا تستخدم العلاقة الأولى مع معامل جودة الحصويات $A = 0.60$

$$W/C = \frac{0.6 * f_c}{f_b + 0.5 * 0.6 * f_c} = \frac{0.6 * 400}{300 + 0.3 * 400} = 0.572$$

وتعتمد $W/C = 0.57$

وبالعودة للشكل (12) لحساب مصروف الماء الذي يتعلق بطراوة وقساوة الخلطة البيتونية (أي خاصية الخلطة باتخاذ شكل القالب المخصص لها) وطبعاً أبعاد أكبر حبات البحص، وكثافة التسليح إن كان البيتون مسلحاً، وطريقة دمك البيتون (الرص)، وعوامل أخرى عديدة (انظر الجدول 27).

وبالأخذ بهذه الملاحظات ومن الشكل (12) أي هبوط المخروط 2-4 cm ومؤشر القساوة يعطي 15-25 cm وهذا يعنـــي أن مصروف الماء W :

$$W = 168 + 10 = 178 \text{ L/m}^3$$

أما مصروف الإسمنت:

$$C = \frac{W}{W/C} = \frac{178}{0.57} = 312 \text{kg/m}^3$$

أي 312 kg لكل $1m^3$ بيتون.

فراغات البحص:

$$P_{OG} = \frac{\gamma_G - \gamma_{OG}}{\gamma_G} = \frac{2600 - 1480}{2600} = 0.43$$

ويتم حساب مصروف البحص من العلاقة:

$$G = \frac{1000}{\frac{\alpha * P_{OG}}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = \frac{1000}{\frac{1.36 * 0.43}{1480} + \frac{1}{2600}} = 1283 \text{kg/m}^3$$

أي أن مصروف البحص هو 1283 kg لكل $1m^3$ من البيتون.

الجدول (27): طراوة الخلطة البيتونية التـــي ينصح بها حسب المنشأة

نوع العنصر أو المنشأة وطريقة الصنع والصب	هبوط المخروط (cm)	مؤشر دليل القساوة (sec) (الوقت اللازم لتأخذ الخلطة المخروطية سطحاً مستوياً)
بيتون تحت الأساسات وكذلك أساسات الطرق – الأرضيات – الأغطية الطرقية وأغطية المطارات	0	50 - 60
المنشآت الكتلية غير المسلحة – الجدران الاستنادية – الأساسات	0 - 2	25 - 35
المنشآت الكتلية المسلحة	2 - 4	15 - 25
منشآت الحماية المنفذة من بيتون ثقيل عالي الجودة	2 - 4	15 - 25
البلاطات – الأعمدة – الجوائز المصبوبة في المكان	2 - 4	15 - 25
جميع العناصر الرشيقة كثيفة التسليح	4 - 6	10 - 15
العناصر التـــي توجب فك القالب بسرعة	0	80 - 100
الجدران مسبقة الصب مع الرج بوضع شاقولي	0	60 - 80
جميع العناصر البيتونية المسلحة المصبوبة في قوالب معدنية أو لأعمال التدعيم التـــي يستخدم فيها المعدن الصفائحي أو الزوايا	0	50 - 60

α معامل توسيع الفراغات = 1.36 وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول (28) وهو يتعلق بمصروف الإسمنت والعلاقة W/C.

الجدول (28): قيم معامل توسيع الفراغات α

مصروف الإسمنت kg/m^3	قيم α معامل توسيع الفراغات للخلطات البيتونية اللدنة المحضرة من رمل متوسط النعومة يتطلب ماء لتوازنه الطبيعي بنسبة 7% من وزنه للنسبة المائية الإسمنتية التـــي تساوي:				
	0.4	**0.5**	**0.6**	**0.7**	**0.8**
250	–	–	1.26	1.32	1.38
300	–	1.3	1.36	1.42	–
350	1.32	1.38	1.44	–	–
400	1.4	1.46	–	–	–

ملاحظة للجدول (28): عند استخدام رمل ناعم يتطلب ماء بنسبة أكبر من 7% تنخفض قيمة المعامل α بمقدار 0.03 لكل 1% زيادة عن 7% . وعند استخدام رمل خشن يتطلب ماء أقل من 7% ترتفع قيمة المعامل α بمقدار 0.03 لكل 1% أقل من 7%.

مصروف الرمل:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{C}{\gamma_c} + W + \frac{G}{\gamma_G}\right)\right]\gamma_S$$

$$S = \left[1000 - \left(\frac{312}{3.1} + 178 + \frac{1283}{2.6}\right)\right]2.63 = 600kg/m^3$$

وهكذا يكون الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{ob} = C + W + S + G = 312 + 178 + 600 + 1283 = 2373kg/m^3$$

المسألة رقم 121:

إذا علمت أن تركيب البيتون مخبرياً هو التركيب نفسه في المسألة السابقة، وكانت رطوبة الرمل 2% ورطوبة البحص في الحالة الطبيعية 1%.

احسب التركيب في الورشة للبيتون المطلوب.

الحل: – محتوى الرمل من الماء:

$$W_S = \frac{S}{100} * W_S = \frac{600}{100} * 2 = 12L$$

- محتوى البحص من الماء:

$$W_G = \frac{G}{100} * W_G = \frac{1283}{100} * 1 = 12.83L$$

- مصروف الماء في الورشة:

$$W_F = W - (W_S + W_G) = 153.17 = 153L$$

- وزن الرمل المستخدم من أجل $1m^3$ بيتون في الورشة:

$$S_F = S + W_S = 612kg/m^3$$

- وزن البحص المستخدم من أجل $1m^3$ بيتون في الورشة:

$$G_F = G + W_G = 1295.83kg/m^3$$

وأما مصروف الإسمنت فلا يتغير $C = 312\ kg/m^3$

- الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{obc} = C + W_F + S_F + G_F = 2373kg/m^3$$

وهكذا فإن الوزن الحجمي للخلطة في الورشة يساوي وزنها الحجمي في المخبر.

المسألة رقم 122:

احسب مصروف المواد لخلة (وعاء الجبالة) واحدة سعتها $V_D = 1200L$ إذا علمت أن مصروف المواد من أجل $1m^3$ من البيتون في الورشة يكون:; $C = 312\ kg;\ W = 153\ L$; $S = 612\ kg\ ;\ G = 1296\ kg$ والوزن الحجمي للرمل الرطب $1.6\ kg/L$ وللبحص الرطب $1.495\ kg/L$ وللإسمنت $\gamma_{oc} = 1.3kg/L$ هذا وقد بينت التجارب المخبرية أن أفضل حالات اكتنازاً هي عندما يكون البحص بأبعاد تتراوح بين 10 - 20mm بنسبة 40% منه وأبعاد بين 20 - 40mm بنسبة 66% منه.

الحل: معامل خروج الخلطة البيتونية:

$$\beta = \frac{1000}{V_C + V_S + V_G} = \frac{1000}{\frac{C}{\gamma_{OC}} + \frac{S}{\gamma_{OS}} + \frac{G}{\gamma_{OG}}} = 0.702$$

- مصروف المواد لخلة (وعاء الجبالة الدوار) واحدة:

الإسمنت:

$$C_1 = \frac{V_D * \beta}{1000} * C = \frac{1200 * 0.702}{1000} * 312 = 0.84 * 312 = 262kg$$

الماء :

$$W_1 = \frac{V_D * \beta}{1000} * W = \frac{1200 * 0.702}{1000} * 153 = 0.84 * 153 = 127.8L$$

الرمل:

$$S_1 = \frac{1200 * 0.702}{1000} * 612 = 515kg$$

البحص:

$$G_1 = \frac{1200 * 0.702}{1000} * 1296 = 1090kg$$

إذ يتم أخذ 436 kg من البحص بأبعاد 10-20 mm وأخذ 654 kg من البحص بأبعاد الحبات 20-40 mm.

ويلاحظ أن القيمة $\frac{1200 * 0.702}{1000}$ هي قيمة ثابتة يمكن تسميتها K حيث $K = 0.84$ كما هو واضح.

المسألة رقم 123:

باستخدام نتائج الحسابات لكميات المواد في المسألة السابقة رقم 122 والمسألة 119، اكتب التركيب المثالي (المخبري) والتركيب الحقلي (في الورشة) وذلك وزناً وحجماً وبطريقة جديدة كما يلي: (1: X: Y) حيث 1 تعبر عن وزن الإسمنت أو حجمه، X تعبر عن وزن الرمل أو حجمه، Y تعبر عن وزن البحص أو حجمه إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل الجاف هو $\gamma_{osd} = 1.63kg/L$.

الحل: - التركيب المثالي (المخبري) وزناً:

$$1 : X : Y = \frac{C}{C} : \frac{S}{C} : \frac{G}{C} = 1 : 1.93 : 4.13$$

- التركيب المثالي للبيتون حجماً:

$$1:X_1:Y_1=1:\frac{S*\gamma_{oc}}{C*\gamma_{os}}:\frac{G*\gamma_{oc}}{C*\gamma_{oG}}=1:1.536:3.63$$

– تركيب البيتون حقلياً (في الورشة) وزناً:

$$1:S_F:Y_F=\frac{C}{C}:\frac{S_F}{C}:\frac{G_F}{C}=1:1.97:4.17$$

– تركيب البيتون حقلياً (في الورشة) حجماً:

$$1:X_{1,F}:Y_{1:F}=1:\frac{S_F*\gamma_{oc}}{C*\gamma_{osF}}:\frac{G_F*\gamma_{oc}}{C*\gamma_{OGF}}=1:1.615:3.61$$

المسألة رقم 124:

احسب مصروف المواد من أجل $1m^3$ من الخلطة البيتونية ذات الوزن الحجمي $\gamma_{ob}=2300kg/m^3$ والنسبة المائية الإسمنتية $W/C = 0.42$ إذا علمت أن التركيب الحقلي (في الورشة) للبيتون المطلوب هو $1: X: Y = 1: 2: 4$

حيث: 1 تعبر عن مصروف الإسمنت وزناً.

X تعبر عن مصروف الرمل وزناً.

Y تعبر عن مصروف البحص وزناً.

الحل:

$$\gamma_{ob}=C+S+G+W=C\,(1+X+Y+W/C)$$

لأنه إذا ما تم الضرب بـ C لكل ما هو داخل القوس ستعود القيم إلى شكلها الأصلي دون تغيير ولهذا:

$$C=\frac{\gamma_{ob}}{1+X+Y+W/C}\Rightarrow$$

$$W=C*\frac{W}{C}$$

$$S=X*C$$

$$G=Y*C$$

وبحل هذه المعادلات يتم الحصول على:

$C = 310$ kg; $W = 130L$; $S = 620$ kg; $G = 1240$ kg

المسألة رقم 125:

احسب تركيب البيتون عالي المقاومة ماركة 500 لمنشأ كتلي مع تسليح خفيف إذا علمت أن هبوط المخروط 2-3 cm والمواد هي إسمنت بورتلاندي ماركة 500 ذو وزن نوعي $3200\ kg/m^3$، البحص جيد ذو أبعاد حبات لا تزيد عن 40 mm ووزنه الحجمي $1560kg/m^3$ ووزن نوعي $2600\ kg/m^3$ حيث يحتوي على نسبة 40% من الحبات بمقياس يتراوح 20 mm - 10 وعلى نسبة 60% من الحبات ذات الأبعاد 40 mm - 20، الرمل ذو وزن نوعي $2600\ kg/m^3$ ووزن حجمي $1620\ kg/m^3$ وكمية الماء التـــي يتطلبها الرمل 7% وقد تم طحن الإسمنت بنعومة أعلى فتغيرت ماركته لتصبح $600\ kg/cm^2$.

الحل:

$$W/C = \frac{0.55 * f_c}{f_b + 0.55 * 0.5 f_c} = \frac{0.55 * 500}{500 + 0.55 * 0.5 * 500} = 0.432$$

ومصروف الماء من الشكل (12):

$W = 160 + 10 = 170\ L$ أما مصروف الإسمنت:

$$C = 170 * 0.432 = 394\, kg/m^3$$

ولكن ولأنواع البيتون عالية المتانة (المقاومة) وذلك للمنشآت الكتلية لا ينصح بتجاوز مصروف الإسمنت كما يلي:

للإسمنت البورتلاندي عالي البيليت لا يزيد المصروف عن 430 kg للمتر المكعب.

وعند استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي لا يزيد عن 375 kg للمتر المكعب الواحد لأن رفع المصروف أكثر من القيم المذكورة يصبح المنشأ غير اقتصادي لأن زيادة مصروف الإسمنت لن يرفع المتانة أكثر من ذلك ولذلك وباعتبار أن مصروف الإسمنت هنا أكبر من $375\ kg/m^3$ ينصح باستخدام نفس الإسمنت ولكن مع زيادة طحنه لسطح نوعي أكبر مما يرفع ماركة الإسمنت (نشاطه) إلى $600\ kg/cm^2$ وعندها:

$$W/C = \frac{0.55 * 600}{500 + 0.55 * 0.5 * 600} = 0.497$$

والإسمنت:

$$C = 170 * 0.497 = 342 \approx 350 kg/m^3$$

والبحص:

$$G = \frac{1000}{0.40 * \frac{1.41}{1.56} + \frac{1}{2.6}} = 1340 kg/m^3$$

ومصروف الرمل:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{342}{3.1} + 170 + \frac{1340}{2.6}\right)\right] * 2.6 = 533 kg/m^3$$

وبهذا يصبح الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{ob} = 342 + 170 + 533 + 1340 = 2385 kg/m^3$$

المسألة رقم 126:

لنفس معطيات وشروط المسألة رقم 120 احسب تركيب البيتون الذي بدل فيه فقط الرمل من رمل عادي إلى رمل ناعم (معامل الخشونة 1.1) حيث يتطلب هذا الرمل الناعم 10% ماء وله وزن نوعي $\gamma_s = 2630 kg/m^3$.

الحل: تم حساب مصروف الماء بالأخذ بعين الاعتبار أنه عند تغيير الرمل في البيتون من رمل عادي إلى رمل ناعم يختلف هبوط المخروط إلى النقصان وفق الجدول (29) التالي:

الجدول (29): هبوط المخروط للخلطة البيتونية (cm)

الخلطة برمل ناعم	الخلطة برمل متوسط الخشونة (عادي)
1 - 2	2 - 3
2 - 3	4 - 5
4 - 6	6 - 8
7 - 10	9 - 13

ومن الشكل (12) وعند هبوط للمخروط يساوي 3cm - 2 يكون مصروف الماء بشكل تقريبـــي:

$$W = 160 + 5 * (10 - 7) + 10 = 185L$$

وعندها:

$$W/C = \frac{0.55 * f_c}{f_b + 0.55 * 0.5 * f_c} = 0.537$$

ومنه:

$$C = \frac{185}{0.537} = 345 kg/m^3$$

أما مصروف البحص فيساوي:

$$G = \frac{1000}{\frac{\alpha * V_G}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = 1303 kg/m^3$$

حيث:

$$V_G = \frac{2600 - 1480}{2600} = 0.43$$

$$\alpha = 1.41 - 0.03(10 - 7) = 1.32$$

انظر الجدول (25) (معامل توسيع الفراغات)

مصروف الرمل:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{C}{\gamma_C} + W + \frac{G}{\gamma_G}\right)\right]\gamma_S = \left[1000 - \left(\frac{345}{3.1} + 185 + \frac{1303}{2.6}\right)\right]2.63 = 530 kg/m^3$$

وبهذا فإن الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{ob} = 2363 kg/m^3$$

المسألة رقم 127:

حدد تركيب البيتون الطرقي لصب بلاطات طرقية (الرصف الصلب للطرق) بمقاومة على الانعطاف $f_{bi} = 40 kg/cm^2$ وهبوط للمخروط يعبر عن طراوة الخلطة يساوي 1-2 cm.

المواد المستخدمة: - إسمنت بورتلاندي ماركة $f_c = 440 kg/cm^2$ ذو وزن نوعي

. $\gamma_c = 3100 kg/m^3$

– الرمل متوسط الخشونة ذو وزن حجمي $\gamma_{OS} = 1650 kg/m^3$ ووزن نوعي . $\gamma_S = 2650 kg/m^3$

– البحص: جيد ذو وزن نوعي $2650\ kg/m^3$ ووزن حجمي $1540\ kg/m^3$ ومن صخر اندفاعي.

الحل: إن مقاومة الانعطاف للإسمنت (الشد بالانعطاف لعينات نظامية بعمر نظامي):

$$f_{ci} = 0.08 * f_{cp} + 11 = 0.08 * 440 + 11 = 46 kg/cm^2$$

حيث: f_{cp} مقاومة الإسمنت للضغط (مقاومة تبديها العينات النظامية لمونة إسمنتية نظامية بعمر نظامي بعد كسرها بشروط نظامية)

– تحسب النسبة المائية الإسمنتية من العلاقة التالية حسب نوع الحصويات في البيتون:

لأنواع البيتون الحاوية على بحص جيد من صخور اندفاعية:

$$W/C = 0.45 \frac{f_{ci}}{f_{bi}} + 0.03$$

لأنواع البيتون الحاوية على بحص جيد من صخور رسوبية:

$$W/C = 0.45 * \frac{f_{ci}}{f_{bi}} + 0.07$$

ولهذه المسألة:

$$W/C = 0.45 * \frac{44}{40} + 0.03 = 0.54$$

ولديمومة البيتون ومقاومته للعوامل الجوية من ارتفاع أو انخفاض لدرجات الحرارة ينصح بالنسبة المائية الإسمنتية W/C كما يلي:

– في المناطق ذات المناخ البارد القاسي: مرتفعات القلمون – الحرمون – البادية شتاءً $W/C = 0.5$.

– في المناطق ذات المناخ المعتدل العادي تكون: $W/C = 0.53$.

– في المناطق ذات المناخ اللطيف تكون: $W/C = 0.55$.

- في المناطق الحارة تكون: $W/C \leq 0.6$.

وللحساب في هذه المسألة تعتمد $W/C = 0.54$ ويعتمد مصروف الماء من الجدول (30).

الجدول (30)

أنواع الحصويات المستخدمة في البيتون	مصروف الماء
بحص من صخور ذات منشأ اندفاعي (جيد)	155
بحص من صخور كلسية أو رسوبية (جيد)	165
الزلط النهري أو البحري	145
رمل ناعم مع بحص من أصل اندفاعي	165
الرمل من صخر كلسي والبحص كذلك	180

ونعتمد W = 155L فيكون :

مصروف الإسمنت: $C = \frac{155}{0.54} = 287kg$

مصروف البحص: $G = \frac{1000}{\frac{\alpha * V_G}{\gamma_{OG}} + \frac{1}{\gamma_G}} = 1340kg$

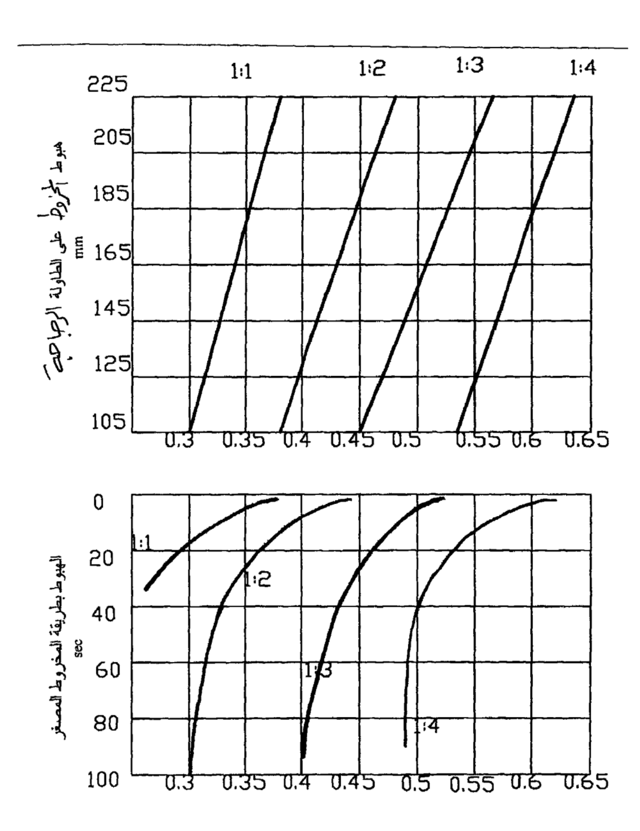
حيث نعتمد: a– معامل توسيع الفراغات من الجدول رقم (28) بواقع $a = 1.3 - 1.35$

VG – نسبة الفراغات في البحص "حجم الفراغات" = 0.42

ويكون مصروف الرمل:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{287}{3.1} + 155 + \frac{1340}{2.65}\right)\right] 2.65 = 655kg$$

ويجب التأكيد على أن التركيب النهائي للبيتون الطرقي موضوع هذه المسألة يتم اعتماده بشكله النهائي بعد صب عينات وفق التركيب المحسوب في هذه المسألة وتجريب هذه العينات أصولاً.



الشكل (13) اختيار نسبة الإسمنت إلى الرمل متوسط الخشونة مع افتراض أن الرمل يتطلب 7% ماء كرطوبة خاصة طبيعية له

ملاحظة 1 - إذا كان الرمل ناعماً ويتطلب رطوبة طبيعية خاصة أكبر من 7% يتم تخفيض مصروف الرمل بمقدار 5% لكل واحد بالمائة 1% ونسبة الرطوبة فوق 7%.

ملاحظة 2 - إذا كان الرمل خشناً ويتطلب رطوبة طبيعية خاصة أقل من 7% يتم عندها زيادة مصروف الرمل بواقع 55 لكل واحد بالمائة 1% ونسبة الرطوبة أقل من 7%.

ملاحظة 3 - إذا كانت الرطوبة الطبيعية غير معروفة للرمل عندها يتم العودة للشكل (14) لاختيار النسبة الاسمنتية الرملية المناسبة.

هذا الاختيار يتم وفقاً للعلاقة W/C لتأمين الحركية المطلوبة لخلطة اسمنتية رملية

المسألة رقم 128:

احسب واختر التركيب المناسب لخلطة بيتونية لصنع بلاطة من البيتون المسلح رشيقة ذات سماكة قليلة بماركة بيتون 300، إذا علمت أن القساوة المطلوبة للخلطة الإسمنتية الرملية 30 sec، والمواد المستخدمة هي: - إسمنت بورتلاندي ماركة 400 - الرمل: رمل مقلع عادي ذو معامل خشونة $M_S = 1.5$ ووزن نوعي $\gamma_S = 2.63 gr/cm^3$ وشروط التصلب عادية.

الحل: نبدأ بحساب W/C:

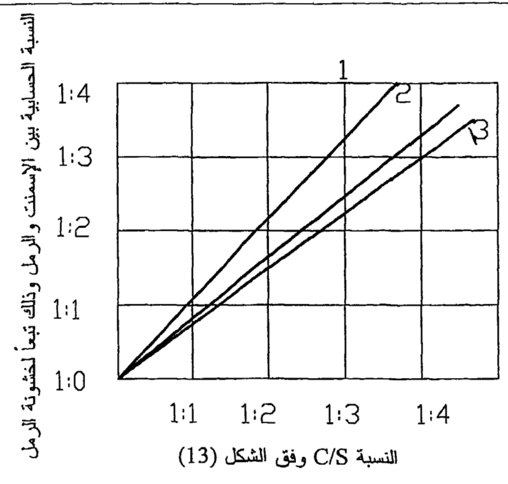
$$W/C = \frac{A * f_c}{f_b + A * 0.5 * f_c} = \frac{0.6 * 400}{300 + 0.6 * 0.8 * 400} = 0.49$$

ثم نختار من الشكل (13) النسبة بين الإسمنت والرمل 1: n حيث نبين أنها تساوي 3.7 :1 وذلك تبعا للقساوة 30sec وبالتصحيح باستخدام الشكل (14) تبعاً لمعامل الخشونة $M_S = 1.5$ تبين أن النسبة الحسابية بين الإسمنت والرمل 1: n تساوي 3.2 :1.

مصروف الإسمنت:

$$C = \frac{1000}{\frac{1}{\gamma_C} + \frac{W}{C} + \frac{n}{\gamma_S}} = \frac{1000}{\frac{1}{3.1} + 0.49 + \frac{3.2}{2.63}} = 490kg$$

- مصروف الماء: $W = 490 * 0.49 = 240L$
- مصروف الرمل: $S = 3.2 * 490 = 1570kg$
- ومنه الوزن الحجمي الحسابي: $\gamma_{obM} = 490 + 240 + 1570 = 2300 kg/m^3$



الشكل (14) منحنيات تحديد نسبة الاسمنت إلى الرمل والتـــي تؤمن الحركية (هبوط المخروط) المطلوبة للخلطة الاسمنتية الرملية وذلك تبعاً لخشونة الرمل وفق معامل الخشونة له كمايلي:

الملاحظات

1- لأنواع الرمل معامل الخشونة 2.5.

2- لمعامل الخشونة 1.5.

3- لمعامل الخشونة 0.75.

المسألة رقم 129:

حدد واحسب تركيب البيتون قليل البحص المطلوب استخدامه بدلاً عن بيتون ماركة 400 بحصويات ناعمة وذلك بهدف تقليل التشوهات في البيتون بنسبة 10%، الطراوة المطلوبة (هبوط المخروط) 1-2cm، الإسمنت ماركة 600 – الوزن النوعي للرمل 2.65، الرطوبة المطلوبة للرمل 8%، البحص جيد وزنه النوعي 2.65 أبعاد أكبر الحبات فيه 40mm.

الحل: البداية بحساب W/C:

$$W/C = \frac{0.4*600}{400+0.4*0.5*600} = 0.46$$

- يتم حساب مصروف الماء بالعودة إلى الشكل (12) وتبين أنه يساوي $W = 165\ L/m^3$

وبالأخذ بعين الاعتبار رطوبة الرمل المطلوبة يصبح المصروف $W = 170\ L/m^3$

- مصروف الإسمنت C:

$$C = 170*0.46 = 370 kg/m^3$$

- مصروف البحص: يتم حسابه بالعلاقة التجريبية التقريبية:

$$G = \frac{(Y-1)*1200}{a}$$ (المرجع 1)

حيث: Y التغير المطلوب بخواص البيتون وهنا تغيير من بيتون بحصويات ناعمة إلى بيتون قليل البحص وبالنتيجة Y هي قيمة نسبية.

1200 وهذا الرقم هو الكمية الوسطية الاعتيادية لمصروف البحص kg/m^3.

a معامل تجريبي وتقع قيمه التقريبية ضمن المجالات التالية:

- عند حساب التغير في المقاومات للانعطاف تتراوح قيمه من 0.10 حتى 0.15.
- عند تحديد وحساب تغير المقاومة المكعبية تتراوح قيمة a من 0 حتى 0.05.
- عند حساب تغير معامل التشوهات $\sigma = 0.5F$ تتراوح قيمة a من 0.2 حتى 0.3.
- عند تحديد التغير في انكماش البيتون تتراوح قيمة a من 0.3 حتى 0.7 (المرجع 3).

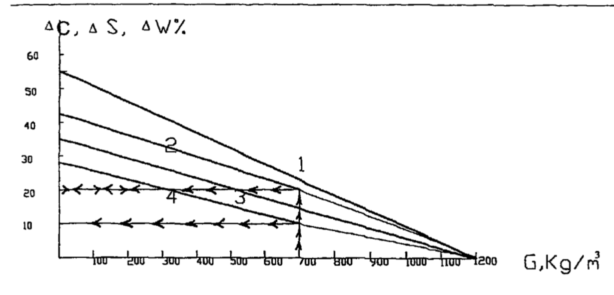
ولهذا المثال تتغير تشوهات البيتون بقيمة 10% أي $Y = 1.1$، $a = 0.25$ ومنه فإن G:

$$G = \frac{(1.1-1)*1200}{0.25} = 480 kg/m^3$$

- وبملاحظة الشكل (15) لتدقيق مصروف الإسمنت والماء تبين أن مصروف الإسمنت يرتفع بمقدار 1.32 مرة والماء يزداد بمقدار 1.21 مرة ويصبح:

$$C = 1.32*370 = 490 kg/m^3$$

$$W = 1.21*370 = 205 L/m^3$$



الشكل (15) منحنيات لحساب تراكيب البيتون قليل البحص

1 – رفع مصروف الاسمنت للحصول على خلطات بيتونية بنفس هبوط المخروط.

2 – أيضاً ولتأمين حركية واحدة للخلطات.

3 – رفع مصروف الماء لتأمين خلطات بيتونية لنفس هبوط المخروط.

4 – أيضاً ولتأمين حركية واحدة لجميع الخلطات البيتونية.

– مصروف الرمل:

$$S = \left[1000 - \left(\frac{490}{3.1} + 205 + \frac{480}{2.65}\right)\right] * 2.65 = 1235 kg/m^3$$

– الوزن الحجمي للخلطة البيتونية:

$$\gamma_{obM} = 490 + 205 + 480 + 1235 = 2410 kg/m^3$$

لقد تم إثبات أن إدخال البحص في البيتون كبديل جزئي عن الرمل فقط أو البحص الناعم والرمل فقط يؤدي إلى تقليل التشوهات أي بالنتيجة تبين أن البيتون غير الحاوي على البحص يكون عادة ذو تشوهات أكبر.

المسألة رقم 130:

إذا كان تركيب البيتون وزناً 1: X: Y يساوي 4 :2 :1 لنسبة W/C = 0.45 ومصروف الإسمنت يساوي $300 kg/m^3$ وقد تم حقن هذا البيتون أثناء تحضيره بمادة ملدنة (فينسول)

بنسبة 0.04% (من وزن الإسمنت) مما أدى لهبوط قيمة W/C بمقدار 10% وبالتالي الوزن الحجمي للبيتون بمقدار 5%.

احسب مصروف المواد من أجل $1m^3$ بيتون واحسب وزنه الحجمي ومقدار ازدياد الفراغات فيه نتيجة لوجود الإضافة (الفينسول).

الحل: - الوزن الحجمي للبيتون قبل وجود الإضافة:

$$\gamma_{obM} = 300 + 600 + 1200 + 135 = 2235 kg/m^3$$

- الوزن الحجمي للبيتون بوجود الإضافة (الفينسول):

$$\gamma'_{obM} = (1-0.05) * \gamma_{obM} = (1-0.05) * 2235 = 2123 kg/m^3$$

- مصروف المواد من أجل $1m^3$ بيتون مع الإضافة:

$$\left(W/_{C'}\right) = (1-0.1) * 0.45 = 0.405$$

$$C' = \frac{\gamma'_{obM}}{1+X+Y+(W/C')} = \frac{2123}{1+2+4+0.405} = 286.7 kg/m^3$$

$$S = X * C' = 2 * 286.7 = 573.4 kg/m^3$$

$$G = Y * C' = 4 * 286.7 = 1164.8 kg/m^3$$

$$W = W/_{C'} * C' = 0.405 * 286.7 = 116.1 L/m^3$$

ازدياد الفراغات:

$$\Delta V_P = \frac{\gamma_{obM} - \gamma'_{obM}}{\gamma_{obM}} * 100 = \frac{2235 - 2123}{2235} * 100 = 5\%$$

حيث: γ_{obM} الوزن الحجمي للخلطة البيتونية قبل الإضافة.

γ'_{obM} الوزن الحجمي للخلطة البيتونية بعد الإضافة.

المسألة رقم 131:

احسب التركيب اللازم لبيتون ذي مسامات كبيرة ماركته 50 إذا علمت أن المواد المستخدمة:

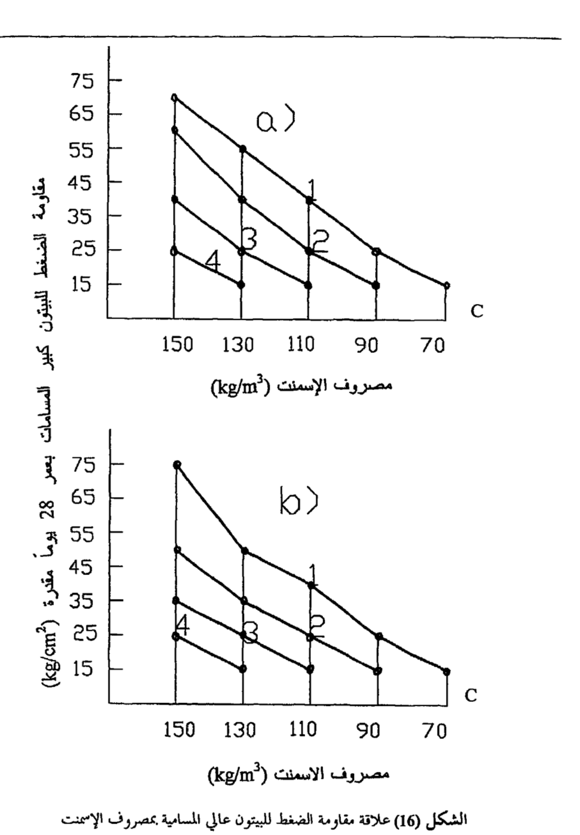
إسمنت بورتلاندي ماركة 400 وبحص من صخر اندفاعي وذي وزن حجمي $1600\ kg/m^3$.

الحل: - إن مصروف الإسمنت بالاستعانة بالمنحنيات للشكل (16) تبين أنه $C = 135$ kg/m^3 وتكون قيمة W/C التقريبية حسب الجدول (31): $W/C = 0.404$

الجدول (31): قيم W/C وفقاً لمصروف الإسمنت ونوع الحصويات

مصروف الإسمنت في البيتون (kg/m^3)	العلاقة W/C لأنواع البيتون وفق مايلي:		
	بيتون مع بحص غرانيتـــي	بيتون مع زلط	بيتون مع بحص كلسي امتصاصه للماء 4%
70	0.5	0.667	0.83
90	0.46	0.60	0.74
110	0.427	0.55	0.655
130	0.408	0.51	0.590
150	0.395	0.46	0.525

وبالعودة للجدول (30) لحساب الوزن الحجمي الطبيعي للبيتون كبير المسامية في الحالة الجافة المرجع (2 - 3) تبين أن $\gamma_{ob} = 1828 kg/m^3$.



الشكل (16) علاقة مقاومة الضغط للبيتون عالي المسامية بمصروف الإسمنت

a – البيتون محضر بزلط

b – بيتون محضر ببحص.

1 – إسمنت ماركة 400.

2 – إسمنت ماركة 300.

3 – إسمنت ماركة 250.

4 – إسمنت ماركة 200.

الجدول (32)

نوعية الحصويات	الوزن الحجمي kg/m^3 للبيتون كبير المسامية في الهواء عند مصروف الإسمنت kg/m^3				
	70	90	110	130	150
زلط ثقيل أو بحص غرانيتي	1750	1770	1790	1820	1850
بحص كلسي جيد	1700	1720	1740	1760	1780

- مصروف الماء W:

$$W = C * W/C = 135 * 0.404 = 54.5\,L/m^3$$

- حروف البحص G:

$$G = 1828 - (135 + 20) = 1673\,kg/m^3$$

حيث يعني الرقم 20 داخل القوس 20 kg ماء هي التي دخلت في التفاعل الكيميائي وتشكل تقريباً 15% من وزن الإسمنت أي: $135 * 0.15 = 20kg$

ويصبح تركيب البيتون: إسمنت: بحص وزناً

X: 1

1: X = 1: 12.35 وزناً

وتركيب البيتون حجماً:

$$1 : X' = \frac{\frac{135}{1.3}}{\frac{135}{1.3}} = \frac{\frac{1673}{1.6}}{\frac{135}{1.3}} = 1 : 10$$

وهكذا تم إكمال الحسابات لتركيب الخلطة البيتونية وفق قيم $(W/C) \pm 0.05$ ويتم صب عينات تجريبية على هذا الأساس حيث يتم كسرها بعد حفظها بالشروط النظامية. وعلى

أساس النتائج يعتمد التركيب النهائي للبيتون.

المسألة رقم 132:

احسب مصروف الإسمنت ومصروف البحص اللازم لخلطة واحدة من البيتون كثير الفراغات في وعاء جبالة سعته 500 L إذا علمت أن تركيب هذا البيتون 1: n يساوي 1: 10.5 لمصروف إسمنت $147\ kg/m^3$.

الوزن الحجمي للإسمنت $1250\ kg/m^3$ وللبحص $1520\ kg/m^3$.

الحل: نحسب معامل خروج البيتون:

$$\beta = \frac{V_b}{V_C + V_G} = \frac{V_b}{C*\left(\frac{1}{\gamma_{OC}} + \frac{n}{\gamma_{og}}\right)} = \frac{1000}{147*\left(\frac{1}{1250} + \frac{10.5}{1520}\right)} = 0.882$$

- مصروف الإسمنت:

$$C' = \frac{\beta * V_{bM}}{1000} * C = \frac{0.882 * 500}{1000} * 147 = 65\,kg$$

- مصروف البحص:

$$G' = \frac{\beta * V_{bM}}{1000} * G = \frac{0.882 * 500}{1000} * 147 * 10.5 = 680\,kg$$

حيث: V_{bM} حجم وعاء الجبالة.

وبالأخذ بعين الاعتبار القيمة الكبيرة لمعامل خروج البيتون ينصح بتخفيض مصروف المواد لخلطة واحدة بمقدار 15-20 %.

المسألة رقم 133:

احسب معامل خروج البيتون كبير المسامات إذا علمت أن تركيب هذا البيتون حجماً 1: n يساوي 1: 10 مصروف الإسمنت $120\ kg/m^3$، الوزن الحجمي للإسمنت $1210 kg/m^3$.

الحل:

$$\beta = \frac{V_b}{V_C(1+n)} = \frac{1000}{\frac{C}{\gamma_{OC}}(1+n)} = \frac{1000}{\frac{120}{1.21}(1+10)} = 0.916$$

4.3 الخلطة البيتونية

خواص التشكل والكثافة

المسألة رقم 134:

خلطة بيتونية ذات وزن حجمي $\gamma_{obM} = 2420 kg/m^3$ والنسبة المائية الإسمنتية $W/C = 0.5$ لها التركيب الوزنـــي $1: X: Y$ التالي: $1: 2: 4$ حيث يمثل الرقم 1 الإسمنت وX الرمل وY البحص. الأوزان الحجمية (kg/L): للإسمنت $\gamma_{OC} = 1.3$ للرمل $\gamma_{OS} = 1.56$ للبحص (الزلط) $\gamma_{OG} = 1.5$ والأوزان النوعية (kg/L): للإسمنت $\gamma_C = 3.1$ وللرمل $\gamma_S = 2.65$ وللبحص (الزلط) $\gamma_G = 2.6$.

أوجد معامل توسيع الفراغات للبحص (الزلط) التـــي تتوسع بتأثير المونة الإسمنتية الرملية التـــي تستقر بين فراغات البحص حيث يسمى أيضاً هذا المعامل (معامل التوسيع بالمونة).

الحل: إن معامل توسيع فراغات البحص هو نسبة الحجم المطلق للمونة الإسمنتية الرملية في البيتون (V_R^a) إلى حجم فراغات البحص (الحصويات الكبيرة) (V_P)، حيث يشكل (V_R^a) مجموع الحجوم المطلقة للإسمنت والرمل والماء:

$$V_R^a = V_C^a + V_S^a + W$$

- مصروف الإسمنت:

$$C = \frac{\gamma_{obM}}{1 + X + Y + W/C} = \frac{2420}{1 + 2 + 4 + 0.5} = 323 kg$$

- مصروف الماء:

$$W = C * W/C = 0.5 * 323 = 161.5 L/m^3$$

- مصروف الرمل:

$$S = X * C = 2 * 323 = 646 kg/m^3$$

- مصروف البحص:

$$G = Y * C = 4 * 323 = 1292 kg/m^3$$

$$\Rightarrow \quad V_R^a = \frac{C}{\gamma_C} + W + \frac{S}{\gamma_S} = \frac{323}{3.1} + 161.5 + \frac{646}{2.65} = 519.3L$$

- فراغات البحص (الحصويات الكبيرة) P_G:

$$P_G = \frac{\gamma_G - \gamma_{OG}}{\gamma_G} = \frac{2.6 - 1.5}{2.6} = 0.422\%$$

- حجم الفراغات في البحص (الحصويات الكبيرة):

$$V_P = P_{OG} * \frac{G}{\gamma_{OG}} = \frac{1292}{1.5} * 0.422 = 363.7L$$

ومنه معامل توسيع الفراغات "معامل تحريك الحبات" a:

$$\alpha = \frac{V_R^a}{V_P} = \frac{519.3}{363.7} = 1.42$$

المسألة رقم 135:

كان مصروف المواد من أجل $1m^3$ من الخلطة البيتونية كالتالي: الإسمنت: $C = 300kg$، الرمل $S = 685$ kg، البحص $G = 1200$ kg. فإذا علمت أن الوزن النوعي (kg/L): للإسمنت 3.1 وللرمل 2.65 وللبحص 2.61. فاحسب معامل الاكتناز للخلطة البيتونية.

الحل: يمكن تعريف معامل الاكتناز الحقيقي بأنه: النسبة بين الوزن الحجمي الفعلي المحدد بالتجارب للخلطة البيتونية وبين الوزن الحجمي المحدد نظرياً (حسابياً) لهذه الخلطة ويرمز له K_{PR}.

- عامل الاكتناز النظري: هو مجموع الحجوم المطلقة للمواد المكونة لمقدار $1m^3$ من الخلطة البيتونية منسوباً إلى حجم الخلطة مع الفراغات.

ومنه ⇐ مجموع الحجوم المطلقة للمواد المكونة لمقدار $1m^3$ من الخلطة البيتونية:

$$V_b^a = V_c^a + V_w + V_S + V_G^a = \frac{300}{3.1} + 165 + \frac{685}{2.65} + \frac{1200}{2.61} = 979L$$

$$K_{PR} = \frac{V_b^a}{1000} = \frac{979}{1000} = 0.979$$

المسألة رقم 136:

ثلاث خلطات بيتونية مختلفة تركيبها $1: X: Y: W/C$:

الخلطة الأولى: $1: 1.5: 2.5: 0.4$

الخلطة الثانية: $1: 2: 3: 0.5$

الخلطة الثالثة: $1: 2: 4: 0.55$

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطات الثلاث $2400\ kg/m^3$ وقد استخدمت لتحضيرها نفس المواد، فأي الخلطات الثلاث أسهل في الصب؟

الحل: إن أسهل الخلطات في الصب هي الخلطة الحاوية على أكبر كمية ماء.

- لتحديد كمية الماء في $1m^3$ من الخلطة البيتونية المرصوصة نستخدم العلاقة:

$$W = \frac{\gamma_{obM}}{1 + X + Y + W/C} * W/C$$

وبالتعويض لكل خلطة على حدة نحصل على:

كمية الماء في الخلطة الأولى: $W_1 = \frac{2400}{5.4} * 0.4 = 178L$

كمية الماء في الخلطة الثانية: $W_2 = \frac{2400}{6.5} = 0.5 = 185L$

كمية الماء في الخلطة الثالثة: $W_3 = \frac{2400}{7.55} * 0.55 = 175L$

تبين أن الخلطة الثانية هي الأسهل في الصب لأنها تحتوي على كمية الماء الأكبر.

1 – ترمز للإسمنت C.

X – ترمز للرمل S.

Y – ترمز للبحص G.

إذاً يتم تقسيم الوزن الحجمي γ_{obM} للخلطة البيتونية على مجموع نسب المواد المكونة لهذه الخلطة فنحصل على وزن الإسمنت. وبضرب الناتج بالعلاقة W/C نحصل على مصروف الماء.

المسألة رقم 137:

تم حقن خلطة بيتونية بمادة ملدنة وتم الوصول إلى الطراوة (هبوط المخروط) المطلوبة بمصروف ماء $W = 135\ L/m^3$ وكان تركيب خلطة أخرى لنفس هبوط المخروط دون ملدن كما يلي:

$$C = 1 : S = 2 : G = 4 : W/C = 0.5$$

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة المرصوصة $\gamma_{obM} = 2200 kg/m^3$ وماركة الإسمنت المستخدم $F_C = 400 kg/cm^2$ ومعامل جودة الحصويات $A = 0.6$.

- فاحسب فعالية الملدن في الاقتصاد في الإسمنت بالكغ للمتر المكعب وبالنسبة المئوية % عند قيمة ثابتة لـــ W/C.
- فعالية هذا الملدن من حيث ارتفاع قيمة المقاومات للبيتون بعمر 28 يوماً.

الحل: - مصروف الماء دون ملدن:

$$W = \frac{\gamma_{obM}}{1+X+Y+W/C} * W/C = \frac{2200}{1+2+4+0.5} * 0.5 = 147 L/m^3$$

- يمكن حساب الاقتصاد في الإسمنت وذلك كما يلي:

$$\Delta C = \frac{\Delta W}{W/C} = \frac{147-135}{0.5} = 24 kg/m^3$$

إذاً: إذا ما تم إنقاص كمية الماء نظراً لوجود الملدن وللمحافظة على قيمة ثابتة للنسبة W/C يمكن اقتصاد كمية 24 kg من الإسمنت في كل $1m^3$ بيتون.

أو بالنسبة المئوية: $\frac{24}{C} * 100 = \frac{24}{294} * 100 = 8\%$

حيث تم حساب C:

$$C = \frac{2200}{1+2+4+0.5} \approx 294 kg/m^3$$

- التغير في متانة البيتون:

إذا ما تم حساب المقاومة نظرياً بالحفاظ على قيمة ثابتة للنسبة W/C ودون إضافة مادة ملدنة:

$$f_{b(28)} = 0.6 * f_c\left(C/_W - 0.5\right) = 360 kg/cm^2$$

حيث نعوض هنا قيمة W = 147 L.

– وإذا ما تم حساب المقاومة نظرياً بوجود الملدن:

$$f_{b(28)} = 0.6 f_c\left(C/_W - 0.5\right) = 400 kg/cm^2$$

حيث يتم تعويض قيمة W = 135 L.

فإذا ما تم اعتبار أن المتانة بنسبة 100% تساوي 360 تبين أن المقاومة الجديدة (بثبات مصروف الإسمنت) تساوي 111% أو:

$$\Delta f_b = \frac{400-360}{360} * 100 = 11\%$$

حيث تمثل 11% مقدار الزيادة في المتانة إذا لم تسحب كمية الإسمنت التـــي يمكن اقتصادها.

المسألة رقم 138:

بيتون إسمنتـــي تركيبه 1: X: Y: W/C كما يلي: 1: 2: 4: 0.5: وزناً وكانت عملية تصلب هذا الحجر البيتونـــي قد تمت في ظروف خاصة تمنع تبخر أو تسرب ماء الخلط إلى الخارج.

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة المرتصة $\gamma_{obM} = 2200 kg/m^3$ وأن درجة تميه الإسمنت بعمر 7 أيام هي $\alpha_7 = 0.5$ وبعمر 28 يوماً هي $\alpha_{28} = 0.8$ والمعامل الذي يمثل كمية الماء اللازمة لربط 1 kg من الإسمنت كيميائياً يساوي 0.23، فاحسب الرطوبة % والوزن الحجمي للبيتون بعمر 7 أيام وعمر 28 يوماً من التصلب.

الحل: – إن كمية الماء اللازمة لتفاعل الإسمنت (حلمهة الإسمنت):

$$W = \frac{\gamma_{obM}}{1 + X + Y + W/_C} * W/_C = \frac{2200}{7.5} = 147 L$$

– كمية الإسمنت المستخدمة:

$$C = \frac{W}{W/_C} = \frac{147}{0.5} = 294 kg/m^3$$

- وزن الماء المرتبط كيميائياً (الداخل في تفاعل الإسمنت) بعمر 7 أيام:

$$W_7 = 0.23 * \alpha * C = 0.23 * 0.5 * 294 = 34L$$

- وزن الماء المرتبط كيميائياً (الداخل في تفاعل الإسمنت) بعمر 28 يوماً:

$$W_{28} = 0.23 * \alpha * C = 0.23 * 0.8 * 294 = 54kg$$

- الوزن الحجمي للبيتون الجاف:

$$\gamma_{ob(7)} = (2200 - 147) + 34 = 2087 kg/m^3$$

$$\gamma_{ob(28)} = (2200 - 147) + 54 = 2107 kg/m^3$$

رطوبة البيتون %:

$$W'_{b(7)} = \frac{147 - 34}{2087} * 100 = 5.4\%$$

$$W'_{b(28)} = \frac{147 - 54}{2107} * 100 = 4.4\%$$

المسألة رقم 139:

خلطة بيتونية مكوناتها من أجل $1m^3$ تساوي:

$W = 200kg;\ G = 1200kg;\ S = 450kg;\ C = 300kg$ فإذا علمت أن:

$\gamma_{oc} = 13gr/cm^3$, $\gamma_c = 3gr/cm^3$, $\gamma_{os} = 16gr/cm^3$, $\gamma_s = 26gr/cm^3$, $\gamma_{Og} = 14gr/cm^3$,
$\gamma_G = 265gr/cm^3$,

ومعامل توسيع الفراغات للبحص: $a = 1.2$.

فاحسب معامل الاكتناز الذي يميز الكثافة (البيتونية) أي الوزن الحجمي للخلطة البيتونية، وبين ما هي الطريقة لرفع قيمة هذا العامل.

الحل: معامل الاكتناز يحسب من العلاقة:

$$K = \frac{\frac{C}{\gamma_C} + \frac{S}{\gamma_S} + \frac{G}{\gamma_G} + \frac{W}{\gamma_{H2O}}}{1000} = \frac{\frac{300}{3} + \frac{450}{2.6} + \frac{1200}{2.65} + \frac{200}{1}}{1000} = 0.928$$

والآن يجب تحديد درجة امتلاء الحجم بين حبات البحص مع الأخذ بعين الاعتبار معامل توسيع الفراغات لتتوضع داخلها المونة الإسمنتية الرملية ذات الحجم V_{CSM} أي يجب التحقق

من المساواة التالية:

$$(1) \qquad V_{CSM} \geq \frac{G}{\gamma_{OG}} * V_P * \alpha$$

حيث: V_P نسبة الفراغات في البحص ومنه:

$$\frac{300}{3}+\frac{200}{1}+\frac{450}{2.6} \geq \frac{1200}{1.4}\left(1-\frac{1.4}{2.65}\right)*1.2 \Rightarrow 473 < 483$$

وهذا يعنـــي أن العلاقة (1) غير محققة. وهنا يتبين أن كمية المونة الإسمنتية الرملية لا تكفي لملء الفراغات بين حبات البحص. وهذا يعنـــي أنه لرفع قيمة معامل الاكتناز لابد من تغيير تركيب البيتون وذلك بزيادة كمية الرمل قليلاً.

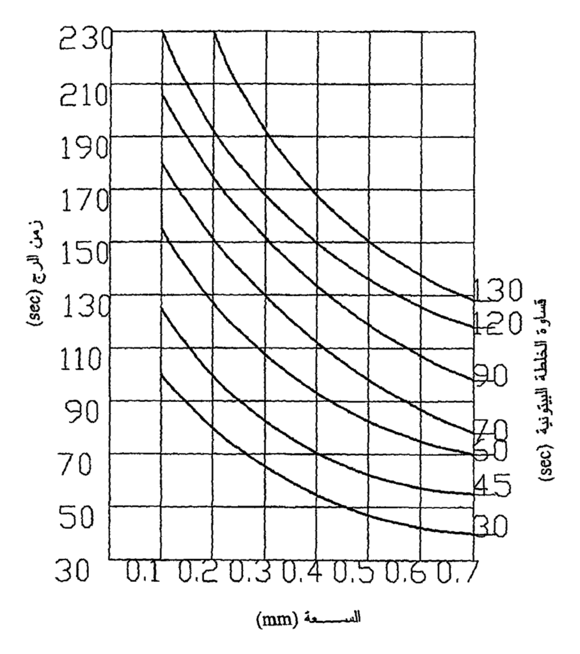
ولكن يجب التفكير بطرق أخرى لرفع قيمة K دون زيادة كمية الرمل لأن ذلك يستدعي زيادة مصروف الماء وهذا يتطلب زيادة في مصروف الإسمنت للمحافظة على المقاومات المطلوبة $f_{b(28)}$ والإبقاء على العلاقة W/C ثابتة.

ويمكن تغيير قيمة K ورفعها بتغيير حجم الفراغات من خلال الوصول إلى تدرج حبـــي للبحص وتقريبه ما أمكن من النظامي. ولذلك يصنف البحص إلى مجموعات حسب أبعاد حباته يتم على إثرها اختيار تدرج مناسب ليناسب أصغر حجم للفراغات بين حبات البحص المذكور.

المسألة رقم 140:

من أجل الحصول على أفضل النتائج لرفع الكثافة والمقاومة وتقليل نسبة الفراغات وتحسين خواص البيتون يتم رج البيتون ميكانيكياً بواسطة رجاج ذي تردد 2800 هزة/دقيقة فإذا علمت أن سعة الهزة 0.35mm فاحسب الزمن المثالي لرج خلطة بيتونية ذات قساوة بقيمة 70 sec بهذا الرجاج.

الحل: يمكن حساب زمن الرج اللازم لتردد يساوي 2800 هزة/دقيقة بشكل تقريبـــي بالعودة إلى الشكل(17) وبعدها يجب التأكد بشكل تجريبي. وفي هذه المسألة فإن الزمن اللازم للرج لخلطة ذات قساوة 70sec كما هو موضح على الشكل (17) يساوي 100sec انطلاقاً



الشكل (17) علاقة زمن الرج بسعة الاهتزاز لتردد يساوي 2800 هزة/دقيقة

المسألة رقم 141:

لتصميم $1m^3$ من البيتون باستخدام إحضارات عادية وإسمنت ماركة 400 تبين أنه يلزم ما يلي: إسمنت $C = 300\ kg/m^3$، رمل $S = 600\ kg/m^3$، بحص $G = 1200\ kg/m^3$، ماء $W = 178\ L$.

وبالتجربة تبين أن حقن هذه الخلطة بمادة ملدنة بنسبة 0.2% من وزن الإسمنت (نفايات الصناعات الكحولية (الكبرتيت الكحولي)) يخفض مصروف الماء بكمية 16L وذلك مع المحافظة على نفس الخواص الحركية للخلطة.

فإذا علمت أن كمية 10% فقط من الماء تدخل في التفاعل الكيميائي لتفاعل الاسمنت بالماء أثناء تصلب البيتون فاحسب:

- درجة ارتفاع (تحسين) الكثافة للبيتون عند انخفاض مصروف الماء.
- ما هو مقدار ارتفاع مقاومة البيتون (ماركته) عند ازدياد (ارتفاع) نسبة الماء إلى الإسمنت W/C ؟

الحل: أولاً: نبين خواص البيتون دون ملدن:

- الوزن الحجمي γ_{ob}:

$$\gamma_{ob} = 300 + 600 + 1200 + 178 = 2278 kg/m^3$$

- وحجم الفراغات الناتج عن تبخر الماء غير المتفاعل V_p:

$$V_p = 178 - (178 * 0.1) = 160.2L$$

وهذا يشكل مسامات في البيتون نتيجة تبخر الماء الزائد بنسبة:

$$P_O = \frac{160.2}{2278} * 100 = 7.1\%$$

- مقاومة البيتون التصميمية:

$$F'_{b28} = 0.6 * 400\left(\frac{300}{178} - 0.5\right) = 298 kg/cm^2$$

والآن خواص البيتون مع الملدن (الكبرتيت الكحولي):

- الوزن الحجمي γ_{ob}:

$$\gamma_{ob} = 2278 - 16 = 2262 kg/m^3$$

- حجم الفراغات الناتجة عن تبخر الماء الزائد:

$$V_p = 162 - 16.2 = 145.8L$$

- ومنه المسامات الناتجة عن تبخر الماء كنسبة مئوية:

$$P_O = \frac{145.8}{2262} * 100 = 6.44\%$$

- مقاومة البيتون التصميمية:

$$F''_{b28} = 0.6 * 400\left(\frac{300}{162} - 0.5\right) = 325kg/cm^2$$

وتبين بوضوح أن مسامية البيتون نتيجة لتبخر الماء الزائد قد انخفضت بنسبة 9% وأن المقاومة التصميمية للبيتون قد ارتفعت (ازدادت) بنسبة 8%.

المسألة رقم 142:

في معمل البيتون مسبق الصنع يتم الصب بقوالب مجهزة برجاجات. وكان عنصر من البيتون المسلح (جدار) قد تعرض للرج أثناء صبه من خلال رجاج مسبق الاهتزاز $A = 0.5mm$ وتردد اهتزاز $n = 3000$ هزة/دقيقة.

فإذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة البيتونية $\gamma_{oMb} = 2300kg/m^3$ وسماكة العنصر (الجدار) 0.25mm وإن الضغط أثناء تصنيع القطعة هو $q = 100\ gr/cm^2$.

فاحسب قيمة الضغط الأعظمي الناتج عن الرج والأوزان في جسم البيتون ضمن القالب (حيث ترتفع الكثافة وتتحسن الخواص تحت تأثير هذا الضغط المتولد في العنصر البيتونـــي أثناء صنعها).

الحل: إن قيمة الضغط الأعظمي الذي يؤدي إلى ارتفاع كثافة البيتون هو مجموع الضغط الناتج عن وزن البيتون (سماكته) في القالب - الوزن الإضافي q وعن الضغط الناجم عن استخدام الرجاجات (الهزازات) أي:

$$F_{max} = \gamma_{obM} * h + q + \frac{\gamma_{obM}}{g} * Aw^2$$

حيث: w السرعة الزاوية للاهتزازات الدورانية

Aw^2 سارع الاهتزاز المساوي: $Aw^2 = 0.01An^2 cm/sec^2$

g التسارع النابذي $g = 981\ cm/sec^2$

ومنه:

$$F_{max} = \gamma_{obM} * h + q + \frac{\gamma_{obM} * 01An^2}{g} = 2.3 * 25 + 100 +$$

$$\frac{2.3 * 25 * 0.01 * 0.05 * 300}{981} = 383g/cm^2$$

المسألة رقم 143:

إذا علمت أن تصنيع الأنابيب البيتونية المسلحة لزوم تمديدات المياه المالحة بين المدن والمحطات والمصبات يتم بطريقة الطرد المركزي. وقد تم تصنيع أنابيب من البيتون المسلح بقطر داخلي $d_d = 1000mm$ وسماكة جدار الأنبوب 65mm من البيتون الثقيل ذي الوزن الحجمي $\gamma_{ob} = 2400kg/m^3$. فاحسب: العدد الأدنى لدورات الجهاز الحامل للقالب لتصنيع الأنبوب والتي تؤمن التوزيع الجيد للخلطة والكثافة الجيدة في عملية الطرد المركزي لتشكل الأنبوب.

الحل: إن العدد الأدنى لدورات الجهاز الحامل لقالب صنع الأنابيب البيتونية والبيتونية المسلحة في الطور الأول من التصنيع أي طور توزع الخلطة البيتونية في داخل وأطراف القالب ونرمز له n_{min} يجب أن تحسب من خلال تحقيق شرط مفاده أن قوة الطرد المركزي في أعلى نقطة من القالب أثناء الدوران يجب أن تكون أكبر من وزن حبات ومكونات الخلطة البيتونية أي:

$$MRw^2 > Mg$$ (المرجع 1 والمرجع 6 والمرجع 7)

أو

$$Rw^2 > g$$

حيث: M كتلة (وزن) الخلطة البيتونية في أعلى نقطة من القالب.

R نصف القطر للأنبوب من المركز وإلى أبعد نقطة خارجية منه أي نصف القطر الخارجي للأنبوب.

ومنه:

$$R = \frac{1000 + (65 * 2)}{2} = 565mm = 56.5cm$$

w السرعة الزاوية

$$w = \frac{2\pi * n_{min}}{60}$$

$$g = R\left(\frac{2\pi * n_{min}}{60}\right)^2$$

$$g = 981cm/sec^2$$

ومنه:

$$n_{min} = \sqrt{\frac{60^2 * 981}{56.5 * 4 * 3.14^2}} = 40$$ دورة/دقيقة (المرجع 3 والمرجع 5)

ويمكن أيضاً حساب n_{min} من المعادلة:

$$n_{min} = 42\sqrt{\frac{1}{r}}$$ (المرجع 3)

حيث: r القطر الداخلي للأنبوب مقدراً بالمتر.

$$n_{min} = 42\sqrt{\frac{1}{1}} = 42$$ دورة/دقيقة

ولكن وباعتبار أن اللزوجة للخلطة البيتونية يمكن أن تكون أكبر أو أقل من التصميمية وذلك لأسباب تنفيذية وأيضاً ولأسباب أخرى عديدة يتم عادة مضاعفة عدد الدورات بمرتين ضعف العدد الحسابـــي أي تصبح من 80 إلى 150 دورة، وكلما كان قطر الأنبوب المصنع أصغر كان عدد الدورات اللازمة للتصنيع أكبر.

إن قيمة قوة الطرد المركزية (القوة النابذة) واللازمة لتحقيق الكثافة الضرورية للخلطة البيتونية هي:

$$F = \frac{0.0236}{265} * A\left(\frac{n_p}{100}\right)^2 kg/cm^2$$ (المرجع 3)

حيث: n_p عدد دورات القالب المعدنـــي الخاص بتصنيع الأنابيب في الدقيقة وذلك أثناء عملية التصنيع.

وفي حال استخدام خلطة بيتونية ذات وزن حجمي يختلف عن $2400 kg/m^3$ زيادة أو نقصاناً تصبح العلاقة:

$$F = \frac{\gamma_{ob} * 9.87}{265} * A\left(\frac{n_p}{100}\right)^2 kg/cm$$

حيث: γ_{ob} الوزن الحجمي للخلطة البيتونية kg/m^3.

$$A = R^2 - \frac{r^3}{R} = (56.5)^2 - \frac{50^3}{56.5} = 991$$

ويجب أن تتراوح قيمة قوة الطرد المركزي بين $(0.7 - 1.5)\ kg/cm^2$ فإذا ما اعتمدت $F = 1.2\ kg/cm^2$ يصبح:

$$n_p = 100\sqrt{\frac{265*1.2}{0.0236*991}} = 369 \text{ دورة/دقيقة}$$

كما أن زمن الارتصاص بالدوران يشكل %(70-80) من كامل الوقت اللازم للتصنيع بالطرد المركزي حيث يحتاج توزيع الخلطة بشكل أقرب إلى المنتظم إلى %(20-30) من كامل الوقت.

4.4 تصلب البيتون

المسألة رقم 144:

إذا علمت أن تركيب البيتون ذي الرقم 1:

إسمنت 320 kg، رمل 650 kg، بحص 300 kg، ماء 200 L، وذلك من أجل $1m^3$.

وتركيب البيتون رقم 2:

نفس التركيب ولكن الماء أقل بـــ 40 L عن التركيب السابق أي $160\ L/m^3$.

فاحسب تأثير انخفاض كمية الماء على مسامية البيتون في نفس اللحظة التـــي يجري فيها تفاعل الإسمنت والماء لنوعي البيتون اللذين تكون فيهما نسبة الماء المتفاعل هي 20% فقط من وزن الإسمنت وباقي كمية الماء تتبخر.

الحل: النسبة المائية الإسمنتية W/C للبيتون رقم 1:

$$(W/C)_1 = 0.626$$

النسبة المائية الإسمنتية (W/C) للبيتون رقم 2:

$$(W/C)_2 = 0.5$$

الوزن الحجمي للخلطة البيتونية الطازجة:

$$(\gamma_{ob})_1 = 320 + 650 + 1300 + 200 = 2470 kg/m^3$$

الوزن الحجمي للبيتون رقم 2 وهو أقل بـــ 40kg: $(\gamma_{ob})_2 = 2430 kg/m^3$

- نحسب الأوزان الحجمية للبيتون المتصلب:
- للبيتون رقم 1:

$$(\gamma_b)_1 = 320 + 650 + 1300 + 0.2*320 = 2334 kg/m^3$$

- للبيتون رقم 2:

$$(\gamma_b)_2 = 320 + 650 + 1300 + 0.2 * 320 = 2334 kg / m^3$$

فتكون مسامية البيتون المتشكلة نتيجة لتبخر الماء للبيتون رقم 1:

$$P_1 = \frac{2470 - 2334}{2470} * 100 = 5.5\%$$

للبيتون رقم 2:

$$P_2 = \frac{2430 - 2334}{2430} * 100 = 3.95\%$$

وهكذا نبين أنه عند انخفاض مصروف الماء بنسبة 20% فإن مسامية البيتون الناتجة عن تبخر الماء تنقص بمقدار 1.55%.

المسألة رقم 145:

احسب العلاقة المائية الإسمنتية W/C لبيتون لتحضيره من أجل تصنيع عنصر إنشائي هام حيث يجب أن تكون الخلطة قليلة اللزوجة (هبوط المخروط صغير) والمواد المستخدمة حصويات عالية الجودة وإسمنت بورتلاندي ماركة 600 بحيث يحقق هذا البيتون مقاومة على الضغط بعمر ثلاثة أيام لاتقل عن $F = 150\ kg/cm^2$.

الحل:

$$F_{b.28} = F_{b.3} \frac{\lg 28}{\lg 3} = 150 * \frac{1.447}{0.478} = 454 kg / cm^2$$

$$W/C = \frac{0.65 F_C}{F_{b.28} + 0.65 * 0.5 F_c} = \frac{0.65 * 600}{454 + 0.325 * 600} = 0.6$$

وعلى اعتبار أن الظروف المناخية في المنطقة العربية بشكل عام وسورية خاصة تتميز بالاعتدال، فلن يتم التركيز على هذا الباب في هذا الفصل من حيث درجات حرارة تفاعل الإسمنت وحرارة الخلطات البيتونية والبيتون والمعاملة الحرارية للخلطات البيتونية أثناء تصنيع العناصر في معامل مسبق الصب أو في المواقع التنفيذية (المشاريع).

4.5 خواص البيتون

المسألة رقم 146:

بينت نتائج اختبارات مجموعة من المكعبات بقياس 15*15*15 cm محضرة من البيتون الثقيل بعمر 20 يوماً من التصلب في الظروف الطبيعية أن متوسط الحمولة الكاسرة P = 90000 kg وقد حضر البيتون من مواد جيدة.

- احسب ماركة البيتون (حد المتانة على الضغط).
- ارسم منحنـــي ارتفاع قيم المقاومات مع الزمن للبيتون بعمر ثلاثة، ستة، تسعة أشهر، وكذلك 12 شهراً. واعرض هذه المقاومات كنسبة مئوية من ماركة البيتون.

الحل: إن ماركة البيتون يجب أن تتحدد من خلال اختبار عينات مكعبية بأبعاد 20*20*20 cm على الضغط وذلك بعمر 28 يوماً من التصلب في الشروط النظامية. ولكن ولظروف تنفيذية يمكن أحياناً أن تستخدم عينات مكعبية بأبعاد تختلف عن المذكورة أعلاه حيث يتعلق بعد ضلع المكعب h بأبعاد أكبر حبات البحص (a) المستخدمة. وللحصول على الماركة الصحيحة يتم تصحيح القيم للمكعبات البيتونية بالأبعاد الأخرى باستخدام معاملات تصحيح K وفق ما يلي:

لأبعاد حبات البحص أو الزلط $a \le 30mm \Rightarrow h = 10cm \Rightarrow K = 0.85$

لأبعاد حبات البحص أو الزلط $a \le 40mm \Rightarrow h = 15cm \Rightarrow K = 0.9$

لأبعاد حبات البحص أو الزلط $a \le 60mm \Rightarrow h = 20cm \Rightarrow K = 1.0$

لأبعاد حبات البحص أو الزلط $a > 60mm \Rightarrow h = 30cm \Rightarrow K = 1.1$

وإذا كان زمن التصلب n يوماً وكانت قيمة n أكبر أو أصغر من 28 يوماً فإن مقاومة البيتون بعمر 28 يوماً تحسب بالعلاقة:

$$F_{28} = F_n \frac{\lg 28}{\lg n}$$

حيث: F_n متانة البيتون بعد n يوماً من التصلب وتستخدم هذه العلاقة فقط لأنواع البيتون الثقيل للإسمنت البورتلاندي وفقط إذا كانت $n \ge 3$ يوماً.

وفي هذه المسألة:

$$F_{20} = \frac{P}{S} * K = \frac{90000}{15*15} * 0.9 = 360 kg/cm^2$$

$$\Rightarrow F_{28} = 360 \frac{\lg 28}{\lg 20} = 360 \frac{1.44716}{1.30102} = 400 kg/cm^2$$

وهذه هي ماركة البيتون.

المسألة رقم 147:

ما هي ماركات البيتون الثقيل التـي يمكن الحصول عليها من استخدام إسمنت بورتلاندي بماركات (300, 400, 500, 600) لنفس مصروف الإسمنت $300kg/m^3$ وطراوة محددة من خلال هبوط المخروط 4cm وجميع الحصويات جيدة ومن مقلع واحد وأبعاد أكبر حبات البحص 80mm.

الحل: بالعودة للشكل (12) لإيجاد مصروف الماء من أجل هبوط المخروط 4cm وأبعاد حبات الحصويات 80mm تبين أن مصروف الماء هو: $150\ L/m^3$. ومنه فإن العلاقة المائية الإسمنتية $W/C = \frac{150}{300} = 0.5$ ومقلوبها $C/W = 2$.

ومن اشتراطات المسألة وباستخدام العلاقة $F_b = 0.6 * F_c (C/W - 0.5)$

لقيمة $F_C = 300\ kg/cm^2$ تبين أن $F_b = 270 kg/cm^2$.

وهكذا وبالتعويض بالعلاقة السابقة:

عند $F_c = 400 kg/cm^2 \Leftarrow F_b = 360 kg/cm^2$

وعند $F_c = 500 kg/cm^2 \Leftarrow F_b = 450 kg/cm^2$

وعند $F_c = 600 kg/cm^2 \Leftarrow F_b = 540 kg/cm^2$

المسألة رقم 148:

لتحضير البيتون الثقيل استخدمت حصويات عالية الجودة وإسمنت بورتلاندي ماركة 500.

- ما هي ماركات البيتون (حد المتانة على الضغط لعينات نظامية بعمر 28 يوماً) التـي يمكن الحصول عليها وذلك لقيم W/C = 0.7 ,0.6 ,0.5 ,0.4 ,0.35.

- ارسم المنحنـــي البيانـــي لعلاقة مقاومة البيتون لقيم W/C وكذلك لعلاقة متانة البيتون بقيم C/W.

الحل: عند قيمة W/C = 0.35 نحسب:

$$F_b = 0.43 * F_c\left(\frac{C}{W} + 0.5\right) \Rightarrow F_b = 0.43 * 500\left(\frac{1}{0.35} + 0.5\right) = 722 kg/cm^2$$

- حيث 0.43 معامل جودة الحصويات ويتغير هذا المعامل أيضاً طبقاً لقيمة C/W.
- وعندما تكون قيمة $W/C \geq 0.4$ تتغير العلاقة السابقة F_b لتصبح:

$F_b = 0.65\, F_c(C/W - 0.5)$ وبحل هذه المعادلة في كل مرة لقيمة W/C ينتج:

عند $W/C = 0.4 \Leftarrow F_b = 650$

وعند $W/C = 0.5 \Leftarrow F_b = 487$

وعند $W/C = 0.6 \Leftarrow F_b = 380$

وعند $W/C = 0.7 \Leftarrow F_b = 304$.

المسألة رقم 149:

تـــم استخدام الإسمنت البورتلاندي ماركة 400 لتحضيـــر بيتون ثقيـــل لعلاقة W/C = 0.5 = const ثابتة.

بين تأثير جودة الحصويات على ماركة البيتون من خلال حساب مقاومات البيتون لحصويات عالية الجودة وأخرى عادية وأخرى ذات نوعية منخفضة نسبياً.

وحل هذه المسألة أيضاً لعلاقة مائية إسمنتية $W/C = 0.35$ وبين ما هو الاستنتاج.

الحل: لحصويات عالية الجودة A = 0.65 معامل جودة الحصويات نعوض:

$$F_b = A * F_c(C/W - 0.5) \Rightarrow F_b = 0.65 * 400(2 - 0.5) = 390 kg/cm^2$$

ولحصويات عادية معامل جودتها A = 0.6

$$F_b = 0.6 * 400(2 - 0.5) = 360 kg/cm^2$$

وكذلك لحصويات ذات جودة منخفضة نسبياً ذات معامل بقيمة A = 0.55 تبين:

$$F_b = 0.55 * 400(2-0.5) = 330kg/cm^2$$

وبحل هذه المسألة لعلاقة W/C = 0.35 يتبين أنه وعند أية قيمة للعلاقة W/C ومهما اختلفت فإن جودة الحصويات تؤثر تأثيراً مباشراً على مقاومة البيتون (الخرسانة).

المسألة رقم 150:

اختر ماركة الإسمنت المناسبة لتحضير بيتون بماركة 400 استخدم فيه حصويات مقبولة الجودة إذا علمت أن قساوة الخلطة (الزمن اللازم لتأخذ الخلطة المخروطية سطحاً مستوياً) تساوي 40sec (أربعون ثانية). وأكبر أبعاد حبات الزلط 20mm ومصروف الإسمنت $300kg/m^3$.

الحل: بالعودة للشكل (12) لحساب كمية الماء اللازمة وذلك بدلالة القساوة 40 ثانية والحصويات المستخدمة "زلط" وبذلك تقل كمية الماء بمقدار 10 ليترات لكل $1m^3$. ونسبة لأبعاد حبات الزلط 20mm تبين أن كمية الماء اللازمة لهذا النوع وبهذه الشروط هي $W = 150L/m^3$ تقريباً ومنه: $W/C = \frac{153}{300} = 0.51$ وبالتالي:

$$F_c = \frac{F_b}{0.6\,(C/W - 0.5)} = \frac{400}{0.6\left(\frac{1}{0.51-0.5}\right)} = 457kg/cm^2$$

واشارة لعدم احتواء النورمات على ماركة للإسمنت بقيمة 457 نعتمد ماركة الإسمنت 500.

المسألة رقم 151:

عند اختبار جائز بيتونـــي بسماكة 15cm لتحديد مقاومته بواسطة جهاز الأمواج فوق الصوتية والذي أعطى أن زمن مرور النبضة t يساوي: $t = 40$ mk sec (ميكروثانية).

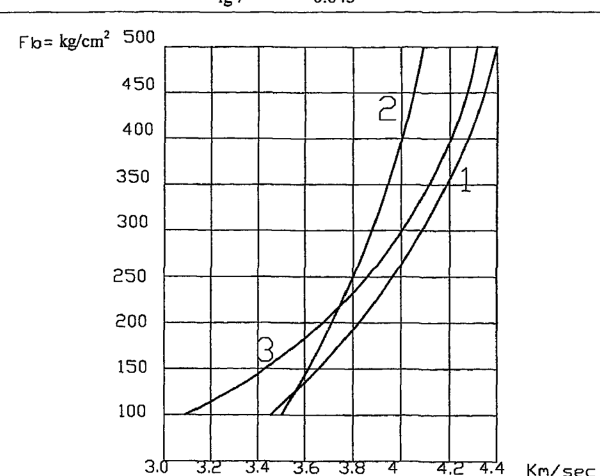
فإذا علمت أن عمر البيتون في الجائز 7 أيام وأن الزلط المستخدم عالي الجودة فما هي ماركة البيتون في هذا الجائز؟

الحل: إن سرعة مرور النبضات فوق الصوتية (km/sec):

$$V = \frac{15cm}{40mksec} = \frac{15*1000000}{100*1000*40} = 3.75km/sec$$

ومن الشكل (18) فإن القراءة بعمر 7 أيام أعطت $F_{b.7} = 270kg/cm^2$ وباستخدام العلاقة اللوغارتمية لحساب المتانة لعمر البيتون n:

$$F_{28} = F_{b.7}\frac{\lg 28}{\lg 7} = 270 * \frac{1.447}{0.845} = 463kg/cm^2$$



الشكل (18): منحنيات علاقة النبضات بمتانة البتون على الضغط بعمر 28 يوماً 1: بيتون محضّر من الزلط، 2: بيتون محضّر من بحص من الصخور الكلسية، 3: بيتون بمحصوبات عالية الجودة والمتانة.

المسألة رقم 152:

من أجل التأكد من مقاومة البيتون الطرقي على الشد تم أخذ جزرات بيتونية من غطاء

بيتونـــي طرقي منفذ وكانت الجزرات بعرض 20cm وارتفاع 30cm وتم الاختبار على الشد بطريقة تعتمد مبدأ فلق العينة بقوتين يتم نقلهما إلى العينة بوضع قضيبين فولاديين بمقطع دائري بقطر 3mm (ضغط). وبعد الاختبار تبين أن الحمولة الوسطية الكاسرة تساوي 20300kg.

والمطلوب: حدد مقاومة البيتون الطرقي على الشد.

الحل: إن طريقة فلق العينة تعطي الامكانية لتحديد مقاومة البيتون على الشد وذلك من خلال عينات أسطوانية ومن قطع بيتونية مأخوذة من أبنية وأغطية بيتونية طرقية.

ولحساب المقاومة على الشد للبيتون يمكن استخدام العلاقة:

$R = \frac{2P}{\pi * bh} kg/cm^2$ (المراجع 7-6-3-1) انظر الجدول (5) حالة الفلق للأسطوانة

حيث: R حد المتانة للشد.

P الحمولة الكاسرة (حمولة الانهيار).

b, h على التوالي قطر وارتفاع العينة "الجزرة" المستخرجة من المنشأ.

وفي هذه المسألة: $R = 22kg/cm^2$

انظر الجدول (5) البند الأخير – حالة الفلق –

4.6 الاقتصاد في الإسمنت

المسألة رقم 153:

إذا علمت أن البيتون رقم 1 قد تم تحضيره من مواد محلية وإسمنت بورتلاندي بماركة: $550\ kg/cm^2$ وقد أعطى مقاومة بعمر 3 أيام من التصلب في الشروط العادية تساوي $F_3^{I} = 100kg/cm^2$.

والبيتون رقم 2 بنفس التركيب كما هو للبيتون الأول ولكنه يحتوي على إضافة $CaCl_2$ وقد أعطى مقاومة بعمر 3 أيام تساوي ضعفي المقاومة للبيتون الأول بنفس العمر $F_3^{II} = 200kg/cm^2$.

– احسب عند أي مصروف زائد من الإسمنت من أجل $1m^3$ من البيتون رقم 1 يمكن

الوصول إلى مقاومة $200kg/cm^2$ لعمر ثلاثة أيام وذلك دون إضافة $CaCl_2$ ولكن بإنقاص قيمة W/C مع تثبيت مصروف الماء.

الحل: نرمز أولاً للبيتون الجديد الذي يحتوي على مصروف زائد من الإسمنت برقم 3.

والآن حد المقاومة على الضغط بعمر 28 يوماً الماركة للبيتون رقم 1:

$$F^{1}_{b.28} = F^{1}_{b.3}\frac{\lg 28}{\lg 3} = 100\frac{1.44716}{0.47712} = 303kg/cm^2$$

وباستخدام نفس العلاقة لحساب حد المقاومة للبيتون رقم 3:

$$F^{111}_{b.28} = 606kg/cm^2$$

ونحدد العلاقة الإسمنتية المائية C/W من العلاقة:

$$C/W = \frac{F_{b.28} + 0.3F_c}{0.6F_c}$$

وهو للبيتون رقم 1:

$$C/W = \frac{606 + 0.3*550}{0.6*550} = 2.33$$

وهو للبيتون رقم 2:

$$C/W = \frac{303 + 0.3*550}{0.6*550} = 1.415$$

وتبين أن C/W قد ارتفعت بمقدار 1.65 مرة.

والمصروف الزائد للإسمنت اذا ما تم تثبيت كمية الماء يشكل 65% كما هو واضح.

المسألة رقم 154:

تم إجراء العديد من التجارب لتحديد نسبة الإضافة "المليدن" وبالنتيجة تبين أن 0.2% من وزن الإسمنت هي النسبة الأمثل من هذا الملدن وقد تم تصنيع بيتون بماركة 300 فتبين أنه ومع المحافظة على ماركة البيتون (حد المتانة على الضغط بعمر نظامي لعينات نظامية) والمحافظة على طراوة الخلطة انخفض مصروف الماء من أجل $1m^3$ بيتون من 178 ليتراً إلى 162 ليتراً بسبب وجود الملدن.

- احسب الاقتصاد في الإسمنت من أجل $1m^3$ من البيتون إذا علمت أن الحصويات عالية الجودة والعلاقة $W/C > 0.4$.

الحل: من أجل البيتون الحاوي على الملدن (الإضافة):

$$\frac{C_2}{W_2} = \frac{F_b + 0.3F_c}{0.6F_c}$$

ومن أجل البيتون دون ملدنات:

$$\frac{C_1}{W_1} = \frac{F_b + 0.3F_c}{0.6F_c}$$

وبما أن ماركة البيتون نفسها مع وبدون إضافات، وكذلك ماركة الإسمنت المستخدم والعلاقة الإسمنتية المائية للنوعين: أي أن العلاقتين لهما نفس القيمة لنوعي البيتون:

$$\frac{C_2}{W_2} = \frac{C_1}{W_1}$$

ومن هنا: $C_2 = \frac{W_2}{W_1} * C_1 = \frac{162}{178} * C_1 = 0.91C_1$

أي أن الاقتصاد في الإسمنت يساوي 9%.

مسائل غير محلولة – المونة – البيتون – الاقتصاد في الإسمنت:

مسألة 81:

احسب معامل النعومة، والسطح النوعي ونسبة الفراغات لأنواع الرمال النهرية التـــي ترد نتائج تركيبها الحبـــي في الجدول رقم (33) التالي:

الوزن الحجمي g/cm³	الوزن النوعي g/cm³	المار من المهزة 0.14mm وزناً	المحجوز الجزئي على المهزات وزناً %						رقم الرمل
			0.14	0.315	0.65	1.25	2.5	5.0	
1550	2.67	1.1	15.1	24.6	35.5	16.4	7.3	0	رقم 1
1510	2.65	2.1	35.5	31.7	14.1	15.5	1.1	0	رقم 2
1450	2.56	0.7	9.5	6.7	45.5	34.1	3.5	5	رقم 3

مسألة 82:

بأية نسبة يجب مزج الرمل رقم 2 مع الرمل رقم 3 وبأية نسبة يجب مزج الرمل رقم 1 مع الرمل رقم 2 للحصول على رمل مزيج يتوافق مع متطلبات تصنيع أنابيب البيتون المسلح ذات الضغط الداخلي العالي المعطاة في الجدول (24).

مسألة 83:

لقد وضع المهندس ساروكر علاقة تعتبر مؤشراً لتقييم نوعية الرمل ويسمى هذا المؤشر معامل الفعالية M_{eF}. ويبين هذا المؤشر كمية العجينة الإسمنتية اللازمة لتغليف سطوح حبات الرمل وملء الفراغات وذلك لكمية 1kg من الرمل المدروس.

$$M_{eF} = \frac{\gamma_S - \gamma_{OS}}{\gamma_S * \gamma_{OS}} + 0.013 * S$$ المرجع (8-2-1)

حيث: S السطح النوعي للرمل المدروس m^2/kg أو cm^2/gr

γ_S الوزن النوعي للرمل المدروس kg/L

γ_{OS} الوزن الحجمي للرمل المدروس kg/L

والمطلوب: احسب معامل الفعالية لأنواع الرمل ذات الخواص الواردة في الجدول (33).

مسألة 84:

احسب التركيب الأمثل للبيتون المطلوب بماركة 300 مع هبوط للمخروط = 4cm المواد المستخدمة إسمنت بورتلاندي ماركة 500 الوزن الحجمي للإسمنت $\gamma_{oc} = 1300 kg/m^3$ والنوعي $\gamma_c = 3.1 gr/cm^3$، الوزن الحجمي للرمل $\gamma_{os} = 1450 kg/m^3$ والنوعي $\gamma_s = 2.65 gr/cm^3$ ويتطلب هذا الرمل رطوبة 7%، والبحص (زلط) أبعاد أكبر حباته 40mm ذو وزن نوعي $\gamma_G = 2.6 gr/cm^3$ ووزن حجمي $\gamma_{OG} = 1400 kg/m^3$.

مسألة 85:

بعد حل المسألة رقم (84) تم تجريب البيتون ذي التركيب وفقاً لحل المسألة السابقة من خلال تصميم خلطة له بحجم 10L وتبين أن طراوة هذه الخلطة 1cm فقط وفقاً للتركيب النظري (المواد محضرة مخبرياً - تجفيف ... إلخ) ولذلك تم إضافة 10% إسمنت وماء فتم

الوصول إلى الطراوة المطلوبة (هبوط المخروط) وللتأكد من حسن التصميم وقياس الوزن الحجمي للخلطة تم ملء وعاء بحجم 5L بعد الرج جيداً على الطاولة الرجاجة.

فإذا علمت أن وزن هذا الوعاء فارغاً 3kg ووزنه مع الخلطة المرصوصة 14.9kg، ويمكن تدقيق مصروف الإسمنت والرمل والبحص (الزلط) بالعلاقة:

$$K = \frac{k}{\sum m} * \gamma^{F}_{o.M.b}$$

حيث: k مصروف المادة لخلطة في ظروف المخبر مقدرة بالكغ.

$\sum m$ مصروف كافة المواد للخلطة في ظروف المختبر مقدرة بالكغ.

$\gamma^{F}_{o.M\,b}$ الوزن الحجمي الحقيقي للخلطة البيتونية الطازجة المحضرة مقدرة kg/m^3.

استناداً لما ذكر يطلب حساب التركيب الأمثل والأدق للبيتون.

مسألة 86:

احسب مصروف المواد بالرطوبة الطبيعية لخلطة سيتم تحضيرها في خلاطة آلية بسعة 1200L (وهو مجموع حجوم المواد التـــي ستوضع بها)، إذا علمت أن رطوبة الرمل الطبيعية 4% ورطوبة البحص الطبيعية 1%، وتركيب البيتون يعتمد كما هو وارد في المسألة السابقة رقم (85).

المسالة 87:

من أجل الحصول على بيتون مقاوم للتآكل يجب أن لاتزيد العلاقة المائية الإسمنتية عن W/C = 0.45 مع الرص الجيد والعناية للحصول على أعلى كثافة ممكنة للبيتون. وتركيب البيتون كما هو في المسألة (85) ولكن لإنقاص كمية الماء تم إضافة مادة ملدنة هي نواتج الاحتراق في الأفران العالية (خبث الأفران) وهي كارهة للماء ذات وزن نوعي $2.1gr/cm^2$ وذلك لتأمين W/C المطلوبة دون مصروف زائد للإسمنت.

وماهي الزيادة في مصروف الإسمنت في حال لم يتم استخدام هذه الإضافة الكارهة للماء؟

المسألة 88:

إذا علمت أن تركيب البيتون حجماً (إسمنت، رمل، بحص) هو (1 :1.9 :4.1) والعلاقة

W/C = 0.5، ما هو مصروف المواد اللازم للحصول على $150m^3$ من البيتون إذا كان مصروف الإسمنت لكل $1m^3$ من الخلطة البيتونية يساوي 355kg، رطوبة الرمل 5% ورطوبة البحص 1.5%، والوزن الحجمي للإسمنت $1300kg/m^3$ وللرمل الجاف $1600kg/m^3$ وللبحص الجاف $1500kg/m^3$؟

المسألة 89:

احسب الوزن الحجمي والوزن النوعي ومسامية البيتون ذي التركيب 1 :2 :4.5 (إسمنت: رمل: بحص) عند W/C = 0.5 وزناً وذلك بعد تبخر الماء الزائد، إذا علمت أن الوزن الحجمي للخلطة البيتونية $\gamma_{O.M.b} = 2380kg/m^3$ وأن نسبة الماء المرتبط كيميائياً 19% من وزن الإسمنت.

المسألة 90:

احسب بشكل تقريبـــي الاقتصاد في الإسمنت إذا كانت ماركة الإسمنت 350 بهبوط مخروطي 5-9cm إذا ماتم تغيير الإسمنت المستخدم من ماركة 400 إلى ماركة 500 وتحسين الرمل المستخدم بإضافة الكوارتز وبذلك تخفيض حاجته للماء من 9% إلى 6% وكذلك تغيير البحص ذي أبعاد أكبر الحبات 20mm إلى بحص ذي أبعاد أكبر الحبات 40mm وكذلك اقتصاد الإسمنت نتيجة لاستخدام السوبرملدن الذي يمكن من تخفيض مصروف الماء بنسبة 20%. وما هي الحالة من الحالات المذكورة بتحسين المواد التـــي تمكن من الاقتصاد في الإسمنت بالشكل الأكبر؟

المسألة 91:

احسب الاقتصاد في الإسمنت ماركة 400 للحصول على بيتون ماركة 300 إذا ما استخدم بحص بأبعاد حبات 20mm كقياس أكبر ورمل بشراهة للماء مقدارها 7% وذلك دون إضافات.

واحسب الاقتصاد في الإسمنت إذا ما استخدمت إضافة ملدنة مقدارها يمكن من تغير الطراوة من هبوط للمخروط من 12cm إلى قساوة للخلطة 30sec، إذا علمت أن استخدام

الملدن خفض الماء بنسبة 12% لنفس قيمة هبوط المخروط 12cm، وخفض الماء أيضاً بنسبة 8% عند هبوط للمخروط 5cm، وخفضه بنسبة 6% عند قساوة للخلطة 30sec.

مسألة 92:

تم صنع بيتون باستخدام الإسمنت البورتلاندي وأعطت نتائج الاختبار بعمر 7أيام من التصلب في الشروط النظامية حد مقاومة على الضغط 15.5MPa، وذلك لعينات مكعبية 10*10*10 cm. وقد تمت معالجة عينات من نفس البيتون فوراً بالحرارة والرطوبة فأعطت قيمة لحد المقاومة على الضغط 16.4MPa.

ماهي ماركة البيتون المنتظرة، وما هي الماركة التـــي اكتسبها البيتون بالمعالجة بالرطوبة والحرارة، بالنسبة المئوية من الماركة الأصلية له.

مسألة 93:

احسب تركيب المونة البنائية المكونة من إسمنت + كلس بماركة 75 وطراوة (هبوط المخروط) 7cm، إذا ما تم استخدام إسمنت بورتلاندي بماركة 400 ذي وزن حجمي $1250kg/m^3$ وعجينة كلسية ذات وزن حجمي $1400kg/m^3$، والرمل المستخدم كوارتزي ذي وزن حجمي $1450kg/m^3$ ورطوبة طبيعية 7%.

مسألة 94:

ما هي الكمية التقريبية للكلس الحي ذي النشاط 85% للحصول على عجينة كلسية بوزن حجمي $1400kg/m^3$ وذلك لتأمين كمية $150m^3$ من المونة البنائية الحاوية على الإسمنت والكلس من ماركة 50 وذلك باستخدام الإسمنت ماركة 400 ووزن حجمي $1200kg/m^3$؟

مسألة 95:

احسب مصروف العجينة الكلسية والرمل لتحضير $50m^3$ من المونة المكونة من الكلس والرمل بتركيب 1: 3.5 (حجماً) أي واحد كلس و3.5 رمل، إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل $1450kg/m^3$ والوزن النوعي له $2.65gr/cm^3$.

البحث الخامس

المـــواد الخشبية

يستخدم الخشب في البناء بشكل واسع وذلك لمجموعة من خواصه الجيدة وأهمها المتانة المقبولة بالرغم من وزنه المتوسط، ولسهولة الحصول على الأشكال والمقاطع المطلوبة منه وكذلك لمرونته المعروفة وقابليته للعزل ولأشكاله الجميلة. ولكن هناك بعض الخواص السلبية للخشب مثل امتصاصه الكبير للماء، وإمكانية تعفنه وتعرضه للانتفاخ والتقلص والتشقق نتيجة لخواصه المائية فهو يحتاج لحماية خاصة من خلال عزله بالدهانات الخاصة والمواد الراتنجية وتتراوح رطوبة الخشب بين 12% لأنواعه المقطوعة منذ مدة طويلة وحتـــى رطوبة 45% لبعض أنواعه المقطوعة حديثاً.

ولذلك فمن الضروري التعرف على خواصه الفيزيائية والميكانيكية والمتعلقة بشكل أساسي بتغير رطوبته ومنها:

– التقلص الحجمي j_k ويحسب بالعلاقة %:

$$j_k = \frac{V_1 - V_2}{V_2} * 100$$

حيث: V_1 الحجم الولي لعينة الخشب عند رطوبته الأعلى.

V_2 الحجم الجديد لعينة الخشب بعد تجفافها طبيعياً أو صناعياً.

– معامل التقلص الحجمي للخشب K ويحسب بالعلاقة:

$$K = \frac{j_K}{w}$$

حيث: j_k التقلص الحجمي للخشب.

w رطوبة الخشب.

- متانة الخشب على الضغط σ_n بجهة توضع الألياف لرطوبة n:

$$\sigma_n = \sigma_w * K + \beta * (w - 20)$$

حيث: σ_w حد المتانة على الضغط بجهة توضع الألياف عند رطوبة العينة في لحظة الاختبار.

K معامل يتحدد وفق رطوبة الخشب وقيمته من جداول خاصة.

β معامل ذو قيمة معروفة لأنواع الخشب وهو معامل تصحيح يتعلق بدرجة الحرارة.

w رطوبة الخشب عند درجة حرارة حول 20° ورطوبة للهواء حول 60%.

- متانة الخشب عل الانعطاف عند رطوبة معينة وتحسب بالعلاقة:

$$\sigma = \frac{PL}{bh^2} \quad kg/cm^2$$

حيث: P حمولة الانهيار لعينة الخشب المدروس.

L طول عينة الخشب المختبر.

b عرض العينة المختبرة.

h ارتفاع العينة المختبرة.

ولكافة الاختبارات المذكورة هناك مقاسات محددة وفق الاشتراطات الخاصة باختبارات الخشب وأهم هذه المقاسات ترد في الجدول (6).

- تغير متانة الخشب بتغير رطوبته وتحسب بالعلاقة:

$$F_{12} = F_w[1 + \alpha * (w - 12)]$$

حيث: F_{12} حد المقاومة للخشب عندما تكون رطوبته 12%،.

F_w حد المقاومة للخشب عند ارتفاع رطوبته بمقدار 1% وقيمته لحد المقاومة (المتانة) على الضغط $\alpha = 0.04$ وكذلك للانحناء الستاتيكي. وقيمة هذا المعامل في تجربة الشد لعينة خشبية بشكل عمودي على الألياف $\alpha = 0.01$.

- ولحساب كثافة الخشب γ_o (وزنه الحجمي) المتغير تبعاً لرطوبته تستخدم العلاقة:

$$\gamma_{o(12)} = \gamma_{o(w)}[1 + 0.01(1 - K)(12 - w)]$$

حيث: $\gamma_{o(12)}$ الوزن الحجمي الوسطي لرطوبة قياسية معتمدة تساوي 12%.

$\gamma_{o(w)}$ الوزن الحجمي للخشب عند الرطوبة المدروسة.

K معامل التقلص الحجمي للخشب.

w رطوبة الخشب المدروس.

وهذه العلاقة صحيحة لرطوبة تبدأ من الصفر وتصل حتـــى 30%.

وعندما تزداد رطوبة الخشب لترتفع فوق قيمة 30% ولحساب الوزن الحجمي الوسطي للخشب عندها تستخدم العلاقة:

$$\gamma_{o(12)} = \frac{A * \gamma_{o(w)}}{1 + 0.01 * w}$$

حيث: A معامل يساوي 1.222 للأشجار الوارقة والحور ويساوي 1.203 لبقية الأنواع.

مسائل محلولة:

المسألة رقم 155:

عينة خشبية بوزن 70gr جففت بدرجة حرارة 100-110° وقيست كتلتها عدة مرات أثناء التجفيف. وعند المرة الأولى كان وزنها 50gr وفي المرة الثانية 45gr وفي المرة الثالثة 40gr وفي المرة الرابعة كان وزنها أيضاً 40gr. احسب رطوبة الخشب.

الحل: يتم حساب رطوبة الخشب بالنسبة المئوية قياساً لوزن عينته الجافة وتحسب بالعلاقة:

$$W = \frac{P_1 - P_2}{P_2} * 100\% = \frac{70 - 40}{40} * 100 = 75\%$$

حيث: P_1 وزن العينة الخشبية رطبة – gr.

P_2 وزن العينة الخشبية جافة – gr.

المسألة رقم 156:

احسب رطوبة الخشب وذلك حسب المعطيات الواردة في الجدول (34) (المرجع رقم 3).

الحل: يتم اتباع نفس الخطوات في المسألة السابقة رقم (155).

الجدول (34)

رقم العينة	وزن عينة الخشب (gr)	
	قبل التجفيف	مجففة تماماً
1	80	42
2	42	38
3	112	110
4	74	51
5	63	42
6	15	8

المسألة رقم 157:

احسب رطوبة الألواح الخشبية المحفوظة وقتاً طويلاً في مستودع حرارة الجو فيه وسطياً 20° والرطوبة النسبية للهواء في المستودع 70%.

الحل: لحل المسألة رقم 157 يجب استخدام منحنـــي الرطوبة المستقرة للخشب الشكل رقم (19) (المرجع 4) الكتاب النظري والذي يبين علاقة رطوبة الخشب بدرجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية له.

والجواب w =14%.

المسألة رقم 158:

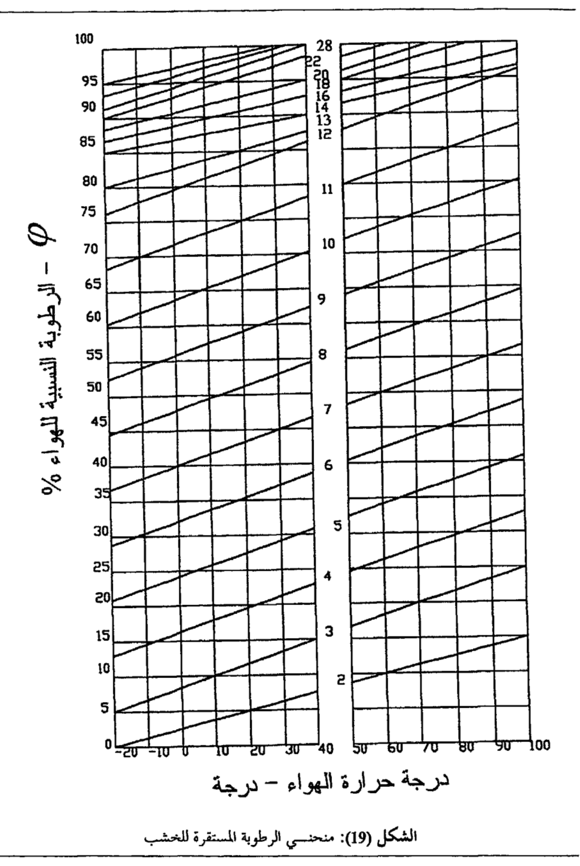
عينة خشبية بأبعاد 8cm × 10 × 10 برطوبة 20%. بعد التجفيف حتـــى الرطوبة 5% أصبحت أبعادها 7.8cm × 9.5 × 9.5. احسب التقلص الحجمي ومعامل التقلص الحجمي.

الحل: يتم حساب التقلص الحجمي بالعلاقة:

$$j_k = \frac{v_1 - v_2}{v_2} * 100 = \frac{800 - 703}{703} * 100 = 12\%$$

$$v_1 = 10 * 10 * 8 = 800cm^3$$

$$v_2 = 9.5 * 9.5 * 7.8 = 703cm^3$$



الشكل (19): منحنـــي الرطوبة المستقرة للخشب

معامل التقلص الحجمي k:

$$k = \frac{j_k}{w} = \frac{12}{20} = 0.6 \quad \text{(المرجع 1-2-3-6-7-8)}$$

حيث: w رطوبة الخشب %.

المسألة رقم 159:

احسب المتانة النظامية لألواح خشب الصنوبر المحفوظة في مستودع مغلق بدرجة حرارة 22^o ورطوبة الهواء 60% إذا علمت أن متانة الخشب في هذه الظروف المذكورة هي على الشد بالانعطاف $700kg/cm^3$ وعلى الضغط $410kg/cm^2$.

الحل: بالعودة للشكل (19) تبين أن الرطوبة الفعلية لألواح خشب الصنوبر عند درجة حرارة 22^o ورطوبة الهواء 60% تساوي $w = 10.8\%$.

ومتانة الخشب على الضغط بجهة توضع الألياف الخشبية عند رطوبة نسبية ثابتة مقيسة مقدارها (15%) تحسب على الضغط والشد بالانعطاف ومنه العلاقة:

$$\sigma_{15} = \sigma_w \cdot k + \beta(w - 20)$$

حيث: σ_w حد المتانة على الضغط بجهة الألياف عند رطوبة العينة في لحظة الاختبار.

K المعامل المحسوب ومنه الرطوبة لأنواع الخشب الجداول (35-36) من المرجع رقم (4)

β معامل التصحيح وفق درجة الحرارة حسب نوع الخشب، وهو يساوي بالنسبة لأخشاب الصنوبر والشوح والتنوب والأرز $\beta = 2.5kg/cm^2$، ولأنواع الخشب الأخرى غير الوارقة $\beta = 3.5kg/cm^2$ وأما بالنسبة لأنواع الخشب الوارقة وفصائلها $\beta = 4.5\ kg/cm^2$.

جدير بالذكر أنه يمكن اختبار الخشب باتجاه (مع توضع) الألياف دون قياس رطوبته لكن يجب ألا تقل رطوبة الخشب عندها عن 30% وإذا كان أقل يسمح بزيادة رطوبة الخشب بنقعه في الماء ولمدة أربع ساعات بالنسبة لأنواع الصنوبر والسرو والأرز وخشب البتولا.

وبالنسبة للأخشاب الوارقة واللبية والبلوط والسنديان وذات القنوات الداخلية لا أقل من 20 ساعة.

الجدول (35): قيمة المعامل k وفقاً لرطوبة الخشب في حالة الضغط

رطوبة %	القيمة الوسطية للمعامل k وفق الرطوبة عند الضغط باتجاه الألياف للأنواع			
	البلوط- الأقاصيا- الدردار	الزان - الصنوبر	الحور- الشوح -التنوب	خشب البتولا- الأخشاب الوارقة - العرعر- الشربين
0	0.525	0.455	0.55	0.465
3	0.595	0.520	0.615	0.510
6	0.675	0.610	0.690	0.590
10	0.805	0.760	0.810	0.760
15	1.0	1.0	1.0	1.0
18	1.130	1.180	1.150	1.130
21	1.275	1.385	1.315	1.405
25	1.455	1.660	1.575	1.730
30	1.620	1.900	1.975	2.125

الجدول (36): قيم المعامل k وفقاً لرطوبة الخشب في حالة الانعطاف

الرطوبة %	القيمة الوسطية للمعامل وفق رطوبة الخشب عند الانعطاف		
	البلوط – دردار	الشوح – الزان – الصنوبر	البتولا – وأخشاب الأشجار الوارقة
0	0.510	0.515	0.525
3	0.580	0.585	0.595
6	0.670	0.675	0.680
10	0.800	0.805	0.805
15	1.0	1.0	1.0
20	1.210	1.220	1.225
25	1.375	1.410	1.455
30	1.425	1.515	1.615

المسألة رقم 160:

عند اختبار نظامي على الانعطاف لعينة خشب من شجر البلوط برطوبة $w = 21\%$ كانت حمولة الانهيار 280kg وحرارة الوسط $15°$. أوجد حد المقاومة على الانعطاف عند الرطوبة النظامية (القياسية).

الحل: حد المقاومة على الانعطاف عند رطوبة 21%

$$\sigma_{21} = \frac{PL}{bh^2} = \frac{280*24}{2*2^2} = 840kg/cm^2$$

وعند رطوبة 15%

$$\sigma_{15} = 840*1.275 + 6*(15-20) = 1040kg/cm^2$$

حيث: 1.275 قيمة المعامل من الجدول (34) عند رطوبة 21% للبلوط.

6 فرق الرطوبة.

المسألة رقم 161:

عينة خشبية من البلوط بمقياس $2 \times 2 \times 3$ cm تزن 8.6 gr كان حد المقاومة على الضغط باتجاه الألياف $360\ kg/cm^2$.

احسب عند أية درجة رطوبة تمت التجربة واحسب الوزن الحجمي وحد المقاومة على الضغط عند الرطوبة القياسية إذا علمت أن وزن العينة مجففة 8.0 gr.

الحل: إن رطوبة العينة أثناء التجربة تساوي:

$$w = \frac{8.6-8}{8}*100 = 7.5\%$$

الوزن الحجمي للخشب المدروس:

$$\gamma_o = \frac{8}{2*2*3} = 0.666gr/cm^3$$

وعندها فإن حد المقاومة على الضغط عند الرطوبة القياسية

$$\sigma_{15} = 360*0.7 + 4.5*(28-20) = 288kg/cm^2$$

المسألة رقم 162:

ما هي كمية المادة المركبة المستخدمة لطلاء الخشب لجعله مقاوماً للاحتراق وذلك لطلاء جدران خارجية لكوخ مؤقت بمساحة $84m^2$ وعرض 6m وارتفاع 3m إذا علمت أن مساحة الأبواب والنوافذ تشكل 18% من المساحة ومصروف هذه المادة عادة $1050\ gr/m^2$

الحل: بالأخذ بعين الاعتبار شكل الكوخ وعدد الجدران تكون مساحة الجدران:

$$S_1 = 6*3*2 = 36m^2$$

$$S_2 = \frac{84}{6}*3*2 = 84m^2$$

ويكون المجموع $120\ m^2$

ومن هنا: مساحة الشبابيك والأبواب $S_3 = 120*0.18 = 22m^2$

والمساحة المتوجب طلاؤها بالدهان المقاوم للنار:

$$S_4 = 120 - 22 = 98m^2$$

ويكون مصروف الطلاء:

$$1050*98 = 102000\,gr = 102kg$$

المسألة رقم 163:

احسب كمية فلوريد الصوديوم كمحلول 3% المستخدم لرفع مقاومة التعفن للخشب لكمية $2m^3$، إذا علمت أن التشرب بهذا المحلول كامل ومسامية الخشب 60% والوزن النوعي لفلوريد الصوديوم $\gamma = 1.06gr/cm^3$.

الحل: الكمية اللازمة لتشرب كلي:

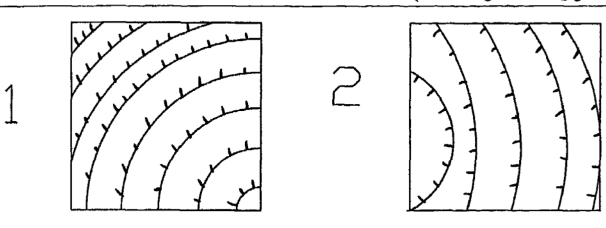
$$D = \frac{2*60}{100} = 1.2m^3$$

وبما أن المحلول بتركيز 3% فإن فلوريد الصوديوم مطلوب بكمية:

$$N_{aF} = \frac{3*1200}{100}*1.06 = 38.2kg$$

المسألة رقم 164:

احسب حد المتانة على الانعطاف وعلى الضغط للبلوط والصنوبر إذا علمت أن رطوبة خشب البلوط 15% ورطوبة الصنوبر 35% ومن أجل الحل استخدم الشكل (20): (أشجار لبية وارقة ذات قنوات حلقية)



الشكل (20): مقطع في جذع البلوط (1) وفي جذع الصنوبر (2)

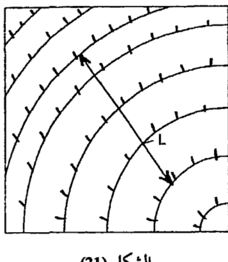
الحل: من المعلوم أنه في الظروف الحقلية (الميدانية) ولتحديد المقاومة الميكانيكية للخشب يستخدم المقطع الجانبي الشكل (20) حيث يتم بمساعدة هذا المقطع تحديد نسبة طبقات النمو المتأخر (النمو الذي يحدث في الصيف والخريف). وهذا النمو المتأخر يتميز في المقطع بمتانة وتراص أكبر ولون غامق بالنسبة إلى طبقات النمو المبكر (نمو الربيع وبداية الصيف) التي تتميز بخلايا كبيرة وجدران رقيقة ولون فاتح.

وكل مقطع يتألف من طبقات سنوية بشكل حلقات ذات مركز واحد، ويظهر ذلك بوضوح في الأشجار الصمغية. والطبقة السنوية تتألف من حلقة نمو مبكر وحلقة نمو متأخر وكلما كانت حلقة النمو المتأخر نامية أكثر كلما كانت المقاومة الميكانيكية للخشب أعلى.

إذاً وبعد تحديد نسبة النمو المتأخر للخشب من خلال المقطع يتم إجراء الحساب بمساعدة العلاقات التجريبية.

يتم تحديد نسبة النمو المتأخر للخشب بواسطة المقاطع الجانبية بطريقة قياس مناطق النمو المتأخر في الحلقات السنوية بدقة 0.1mm لمسافة 15-20 mm الشكل (21). ولذلك أيضاً يجب استخدام قلم رصاص برأس مدبب ووضع إشارات بمساعدة المكبرة على بداية ونهاية

كل جزء للنمو المتأخر في كل حلقة من الحلقات السنوية، ومن ثم جمع المسافات المحصورة بين هذه العلامات الموضوعة بدقة بواسطة قلم الرصاص والمكبرة مقدرة بالميليمتر ويظهر ذلك واضحاً في الأشجار الوارقة ذات القنوات الحلقية (البلوط – الدردار – ...).



الشكل (21)

وبعد إتمام القياس لكل طبقة يتم جمع هذه القيم وتقسم على الطول الكامل L الذي جرى عليه القياس

$$m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + ... + a_n}{L} = \frac{\sum a_n}{L} * 100\%$$

ويتم حساب نسبة النمو المتأخر بدقة 1%.

وأما بالنسبة للأشجار الصنوبرية (الصنوبر – الشوح – التنوب – العرعر – الشربين...).

وحيث لا تكون مناطق النمو المتأخر متغيرة العرض بوضوح في الطبقات السنوية يمكن وبمساعدة المكبرة قياس منطقة واحدة للنمو المتأخر والحلقة واحدة ولكن بدقة كبيرة، ليصار بعدها لحساب عدد الحلقات السنوية وضربها بقيمة عرض منطقة النمو المتأخر المقيسة بدقة للشجرة المدروسة ويأخذ شكل الحساب لعلاقة نسبة النمو المتأخر للشجرة بالمقاومة الميكانيكية الصيغة التالية:

a) – على الضغط باتجاه الألياف (رطوبة نظامية 15%) (MPa):

للصنوبر: $D_{15} = 0.6 * m + 30$

للبلوط: $D_{15} = 3.2 * m + 295$ المرجع (7-8-5-3)

b) — الانحناء (Mpa):

للصنوبر: $F_{15} = 1.4 * m + 56$

للبلوط: $F_{15} = 0.43 * m + 47.5$

وهي علاقات تجريبية.

المسألة رقم 165:

ألواح من خشب الصنوبر حفظت فترة طويلة في الهواء برطوبة نسبية $W_A = 80\%$ ودرجة حرارة $t = 20^o c$ ومعامل التقلص الحجمي للصنوبر $k = 0.44$.

احسب رطوبة الألواح الخشبية والوزن الحجمي لها إذا علمت أن لخشب الصنوبر وزناً حجمياً مساوياً: $\gamma_{o12} = 500 kg/m^3$ عند رطوبة نظامية له تساوي 12%.

الحل: يتم إيجاد الرطوبة المستقرة للخشب من منحنـــي الرطوبة الشكل (19) بإيجاد القيمة عند تقاطع قيمة الحرارة والرطوبة حسب شروط المسألة. ويظهر من الشكل (19) أن رطوبة التوازن $w = 18\%$. ويمكن إيجاد قيمة الوزن الحجمي لخشب الصنوبر عند رطوبة ما إذا علمنا قيمة الوزن الحجمي له عند الرطوبة النظامية 12% ومعرفة قيمة معامل التقلص الحجمي وهو هنا $k = 0.44$.

ومنه
$$\gamma_w = \frac{\gamma_{12}}{1 + 0.01 * (1 - k) * (12 - w)}$$

$$\gamma_w = \frac{500}{1 + 0.01 * (1 - 0.44) * (12 - 18)} = 517.6 kg/m^3$$

المسألة رقم 166:

قطعة من خشب الصنوبر أبعادها 25*30*400 mm (a*b*c) عند رطوبة $w = 21\%$.

كيف تتغير أبعاد هذه القطعة بعد تجفيفها بشكل كامل ثم بعد ترطيبها لدرجة الإشباع التام، إذا علمت أن معامل التقلص الحجمي بالتجفيف للصنوبر $k_g = 0.44$.

الحل: إن مقدار التقلص الحجمي بالتجفيف لقطعة الخشب يمكن حسابه من الشرط المنطقي:

التقلص (g) = معامل التقلص بالتجفيف * الرطوبة، ومنه

$$g = 0.44 * 21 = 9.24\ \%$$

فإذا افترضنا أن أبعاد قطعة الخشب عند رطوبة 0% هي a_0 والأبعاد عند رطوبة w هي a يمكن عندها كتابة:

$$g = \frac{a - a_0}{a} * 100$$

$$a_0 = \frac{a*(100-g)}{100} = \frac{25*(100-9.24)}{100} = 22.7mm$$

وبنفس الطريقة نحسب بقية الأبعاد لقطعة الخشب وتساوي b_0=27.2 mm، c_0= 363 mm

وهكذا فإن مقاسات قطعة الخشب بعد التجفيف ستكون: 22.7 * 27.2 * 363 mm

وعند ترطيب الخشب المجفف تزداد أبعاده الخطية نتيجة لانتفاخه وهذا ما سيحصل مع قطعة خشب الصنوبر.

فإذا علمنا أن الرطوبة الوسطية المقابلة لدرجة الإشباع w_l = 30%، حيث تكون قيمة الانتفاخ بقيمها العظمى عند هذه الرطوبة تحديداً فيكون الانتفاخ G_{max}:

$$G_{max} = \frac{a_{max} - a_0}{a_0} * 100 = 30K_G$$

حيث: K_G معامل الانتفاخ.

وهناك علاقة بين معامل الانتفاخ ومعامل التقلص للخشب: $K_G = \frac{100*K_g}{100-30K_g}$

وللصنوبر: $K_G = \frac{100*0.44}{(100-30*0.44)} = 0.5$

$$a_{max} = \frac{30K_G * a_0 + 100a_0}{100} = \frac{30*0.5*22.7+100*22.7}{100} = 26.1mm$$

وبهذه الطريقة يتم إيجاد بقية الأبعاد لقطعة الخشب المدروسة بعد ترطيبها لدرجة الإشباع ونجد أن الأبعاد تصبح: 2.61 * 31.3 * 417.4 mm.

المسألة رقم 167:

إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي لخشب الصنوبر في الحالة الجافة تماماً $\gamma_{os} = 650kg/m^3$ والأوكاليبتوس $\gamma_{op} = 760kg/m^3$ والوزن النوعي للخشب بشكل عام وسطياً: $\gamma = 1.53gr/cm^3$. احسب مسامية الصنوبر والأوكاليبتوس وكذلك الامتصاص الأعظمي للماء لكل من الصنوبر والأوكاليبتوس.

الحل: للصنوبر:

$$P_S = \frac{\gamma - \gamma_{OS}}{\gamma} * 100 = \frac{1.53 - 0.65}{1.53} * 100 = 57.5\%$$

$$P_O = \frac{\gamma - \gamma_{OD}}{\gamma} * 100 = \frac{1.53 - 0.76}{1.53} * 100 = 50.3\%$$

والرطوبة الموافقة للإشباع الأعظمي بالماء توجد بالعلاقة:

$$W_{max} = W_l + \frac{(\gamma - \gamma_O)\gamma_W}{\gamma * \gamma_O} * 100$$

حيث: W_l رطوبة حد الإشباع للخلايا الجدارية للخشب $w_l = 30\%$

γ_w كثافة الماء.

γ الوزن النوعي للخشب.

γ_o الوزن الحجمي للخشب.

للصنوبر:

$$w_{max} = 30 + \frac{1.53 - 0.76}{1.53 * 0.65} * 100 = 118.5\%$$

وللأوكاليبتوس:

$$w_{max} = 30 + \frac{1.53 - 0.76}{1.53 * 0.76} * 100 = 96.2\%$$

المسألة رقم 168:

يطلب تحديد حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف وعلى الانحناء لعينات خشبية من

الصوبر والبلوط إذا علمت أن قيمة m (نسبة النمو المتأخر للخشب) هي على التوالي 20% و80%.

الحل: أصبح من المعلوم أن مقدار النمو المتأخر للخشب وهي نسبة مئوية % يحسب على مقاطع جانبية كما ورد على الشكل (21) بتقدير منطقة النمو المتأخر للحلقات السنوية بدقة 0.1 mm لمسافة على المقطع 15-20 mm. ولحل هذه المسألة نستخدم العلاقات التجريبية ويكون:

من أجل خشب الصنوبر:

a) – للضغط:

$$F = 0.6 * m + 30 = 0.6 * 20 + 30 = 42MPa$$

b) – للانحناء:

$$F = 1.4 * m + 56 = 1.4 * 20 + 56 = 84MPa$$

ومن أجل خشب البلوط:

a) – للضغط:

$$F = 0.32 * m + 29.5 = 0.32 * 80 + 29.5 = 55.1MPa$$

b) – للانحناء:

$$F = 0.43 * m + 47.5 = 0.43 * 80 + 47.5 = 81.9MPa$$

المسألة رقم 169:

لدينا عينات خشبية موشورية مستطيلة المقطع بأبعاد 20 mm * 20 وارتفاع 30 mm انهارت عند اختبارها على الضغط عند حمولة عظمى $F_1 = 0.0147$ MN وكانت رطوبتها 20%. وتم اختبار عينات أخرى من نفس نوع الخشب وبمقطع 20 mm * 20 وارتفاع 300mm عند رطوبة 20% على الانحناء حيث انهارت العينات عند حمولة عظمى $F_2 = 0.0014$ MN (ميغا نيوتن). يطلب تحديد نوع الخشب الذي تمثله العينات.

الحل: إن حد المتانة عل الضغط للعينات عند رطوبة $w = 20\%$:

$$F = \frac{F_1}{S} = \frac{0.0147}{0.02 * 0.02} = 36.75MPa$$

وحد المتانة على الانحناء عند رطوبة $w = 20\%$ وطول العينة $L = 0.24m$:

$$F = \frac{3F_2 * L}{2bh^2} = \frac{3 * 0.0014 * 0.24}{2 * 0.02 * 0.0004} = 63MPa$$ (الجدول 5) المرجع (1-2-5-8)

وبتحويل القيم التـــي تم الحصول عليها برطوبة 20% إلى ما يمكن أن تكون عند الرطوبة المعيارية النظامية المساوية 12%:

$$F_1 12 = F_w[1 + 0.04 * (w - 12)] = 36.75 * [1 + 0.04 * (20 - 12)] = 48.5MPa$$
$$F_2 12 = F_w[1 + 0.04 * (w - 12)] = 63 * [1 + 0.04 * (20 - 12)] = 83.16MPa$$

(نفس المراجع السابقة)

ومن هنا يتضح ومما هو معروف عن متانة الضغط للخشب وكذلك الانحناء أن هذه المقاومات قريبة من مقاومة الضغط والانحناء للصنوبر والتـــي تساوي في الجداول التجريبية لقيم الضغط والانحناء للصنوبر: $F_1\ 12 = 48.5$ Mpa، $F_2\ 12 = 86$ Mpa

المسألة رقم 170:

المطلوب إجراء المقارنة بين خشب الشربين وبين خشب الزيزفون عند الرطوبة المعيارية والبالغة 12% وذلك من حيث حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف وحد المتانة على ضغط عمودي على الألياف وذلك في الاتجاهين: المركزي الشعاعي، والمماسي. إذا علمت أن حمولة الانهيار على الضغط باتجاه الألياف للشربين $F_1 = 0.026MN$ وللزيزفون $F_1' = 0.018MN$ وحمولة الانهيار على الضغط العمودي على الألياف بالاتجاه المركزي (الشعاعي) للشربين $F_2 = 0.0027$ MN وللزيزفون $F_2' = 0.0034MN$ وفي الاتجاه المماسي للشربين $F_3 = 0.0037$ MN وللزيزفون $F_3' = 0.0031MN$.

الحل: أصبح من المعلوم أنه لإيجاد حد المتانة على الضغط للخشب تستخدم عينات موشورية بقياسات $a * b * h = 20 * 20 * 30$ mm ويمكن إيجاد حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف F_1 من العلاقة:

$$F_1 12 = \frac{F_1}{a * b}$$ (المرجع 1 والمرجع 7)

وعلى الضغط بالاتجاه العمودي على الألياف وبالاتجاه المركزي:

$$F_2 12 = \frac{F_2}{a*h}$$

ومنه للشربين:

a) باتجاه الألياف: $F_1 12 = \frac{0.26}{0.02*0.02} = 65MPa$

b) بالاتجاه المركزي الشعاعي (عمودي على الألياف): $F_2 12 = \frac{0.0027}{0.02*0.03} = 4.5MPa$

c) بالاتجاه المماسي MPa: $F_3 12 = \frac{0.0037}{0.02*0.03} = 6.17$

وللزيزفون:

a) باتجاه الألياف: $F'_1 12 = \frac{0.018}{0.02*0.02} = 45MPa$

b) بالاتجاه المركزي: $F'_2 12 = \frac{0.0034}{0.02*0.03} = 5.67MPa$

c) بالاتجاه المماسي: $F'_3 12 = \frac{0.0031}{0.02*0.03} = 5.17MPa$

وهكذا يتبين أن مقاومة الضغط باتجاه الألياف أكبر من مقاومة الضغط العمودي على الألياف للشربين بمقدار 10.5— 14.4 مرة، وللزيزفون أيضاً أكبر بمقدار 7.9— 8.8 مرة.

مسائل غير محلولة – الخشب في البناء:

مسألة 96:

إن رطوبة الخشب في الأقنية المركزية وغيرها (المجاري) للأشجار النامية معرضة للتغير أثناء اليوم. فمثلاً في أشجار البلوط كانت الرطوبة صباحاً في الأقنية (المجاري المركزية) 68% وفي منتصف النهار 72% وفي المساء 66%.

والمطلوب: بين كيف يتغير الوزن الحجمي الوسطي للخشب بتغير رطوبته.

مسألة 97:

كانت رطوبة الصنوبر المقطوع حديثاً 75% وقد تم حفظ الصنوبر بالهواء بدرجة حرارة +15° ورطوبة 80% ومن ثم نقل للحفظ في مستودع بدرجة حرارة +20° ورطوبة نسبية للهواء 60%.

والمطلوب: بين كيف يتغير الوزن الحجمي الوسطي لخشب الصنوبر إذا علمت أن الوزن الحجمي الوسطي لخشب الصنوبر عند الرطوبة المعيارية 12% يساوي $500\ kg/m^3$.

مسألة 98:

بين بالحساب هل تم الوصول إلى نقطة الإشباع بالماء لألياف قطعة من خشب الشوح ذات الوزن في الحالة الجافة تماماً 78gr وبعد نقعها في الماء كان وزنها 104gr.

مسألة 99:

لوح من خشب الصنوبر عرضه عند رطوبة 21% كان مساوياً 90 mm وكان عرضه في الحالة الجافة تماماً 81.8 mm.

المطلوب: 1 – احسب انكماش (تقلص) الخشب بالتجفاف.

2 – احسب عرض لوح الصنوبر عند الرطوبة المساوية 12%.

مسألة 100:

من أجل تنفيذ أرضيات وإكساء جدران داخلية نظيفة وجميلة استخدم خشب الصنوبر كألواح بعرض 84 mm وبرطوبة 15% بدلاً من الرطوبة المعيارية المسموحة 12%.

المطلوب: هل ستظهر فواصل بين الألواح عند تجففها حتـــى رطوبة 12%، وما هي أبعاد هذه الفواصل (الشقوق) بين الألواح إذا علمت أن معامل التقلص (الانكماش) للصنوبر 0.44.

مسألة 101:

لدينا لوح من خشب البتولا بأبعاد 2100 mm * 37 * 94 عند رطوبة 12% فإذا علمت أن معامل الانكماش (التقلص) الحجمي للبتولا 0.54 فما هي أبعاد لوح خشب البتولا بعد نقعه بالماء ووصوله إلى حد الإشباع.

مسألة 102:

تم تفريغ كمية من القطع الخشبية ذات الأبعاد العشوائية المختلفة (نواتج المناشر)

لاستخدامها تحت أعمدة الكوفراج الخشبـــي في الورشة وفي أماكن أخرى ليست بالهامة وكانت كمية هذه الأخشاب $30m^3$ من بقايا خشب الصنوبر و$20m^3$ من بقايا خشب البتولا وبرطوبة 15% لكليهما.

المطلوب: إذا علمت أن معامل الانتفاخ الحجمي للصنوبر 0.51 وللبتولا 0.64 فما هو حجم القطع الخشبية إذا ما تم حفظها في شروط عالية الرطوبة.

مسالة 103:

لدينا عوارض خشبية من الصنوبر بأبعاد 80 * 180 * 4400 mm في الحالة الجافة تماماً وعددها 100 عارضة. فإذا علمت أن الوزن الحجمي لها في حالتها الجافة $413\ kg/m^3$ ومن أجل جعلها مقاومة للتعفن استخدم فلور الصوديوم NaF كمحلول بتركيز 3% وبكثافة $1.06\ gr/cm^3$.

المطلوب: حساب كمية NaF اللازمة والتـــي يمكن أن تمتصها العوارض لتصبح منيعة ضد التعفن.

مسألة 104:

لوح من خشب البلوط بأبعاد 25 * 150 * 600 mm وزنه عند رطوبة 21% يساوي 1625gr.

المطلوب: ما هو وزن لوح خشب البلوط بعد نقعه طويلاً في الماء إذا علمت أن معامل التقلص (الانكماش) الحجمي لخشب البلوط 0.43.

مسألة 105:

إذا علمت أن العلاقات التجريبية المستخدمة لحساب متانة الضغط للخشب برطوبة معيارية 12% هي للصنوبريات والشوح:

$$F_{12} = 61 * \gamma_{12} + 10$$ (المرجع 7)

وللأشجار الوارقة والشربين عند رطوبة 12%:

$$F_{12} = 68 * \gamma_{12}$$ (المرجع 1 والمرجع 7)

حيث γ_{12} هي الوزن الحجمي للخشب عند رطوبة 12%.

المطلوب: احسب المتانة على الضغط عند الرطوبة المعيارية لخشب الصنوبر ذي الوزن الحجمي $\gamma_O = 820 kg/m^3$ عند رطوبة 20%، واحسب المتانة على الضغط عند الرطوبة المعيارية لخشب الشربين ذي الوزن الحجمي $\gamma_O = 686 kg/m^3$ عند رطوبة 25%.

مسألة 106:

على عوارض من خشب البلوط بمقطع 2 * 2 cm ورطوبة 20% تم تعليق حمولة مقدارها 60 kg في وسط المسافة بين المسندين والبالغة 100cm.

المطلوب: 1 – هل تحملت العوارض هذه الحمولة.

2 – إذا لم تتحمل، فكم مرة يجب تخفيض الحمولة إذا علمت أن متانة خشب البلوط على الانحناء الستاتيكي (الساكن) كما هو معروف تساوي 107.5 MPa عند الرطوبة المعيارية 12%.

مسألة 107:

على مقطع جانبـــي لخشب الصنوبر تم تحديد منطقة بعرض 20 mm كما هو موضح على الشكل (21) لتحديد عرض منطقة النمو المتأخر للصنوبر وتبين أن القيمة الإجمالية لعرض مناطق النمو المتأخر تساوي 6 mm.

المطلوب: احسب بالشكل التقريبـــي حد المتانة على الضغط باتجاه الألياف لخشب الصنوبر.

البحث السادس

المواد المعدنية المستعملة في البناء

إن أهم المواد المعدنية المستخدمة في البناء هي قضبان التسليح من الفولاذ. وباعتبار أن فولاذ التسليح من المصادر الأوروبية الشرقية يقيم في منطقتنا بأنه جيد ويتم تصنيعه بشكل أساسي حسب اشتراطات المواصفات الروسية.

وتبعاً لـخواصه الـميكانيكية فإن قضبان التسليح تقسـم إلى ستة أصناف ويرمـز لها A - I; A-II; A-III; A-IV; A-V; A-VI. ومنها القضبان المحلزنة المصنعة حرارياً. والكابلات المسحوبة على البارد ويتم تحديد أهم الخواص الميكانيكية لقضبان التسليح من خلال تجربة الشد حيث تعطي تجربة الشد: الاستطالة النسبية ε وحد المتانة على الشد σ_b وحد السيلان σ_S.

وهناك قيماً أخرى مرافقة يمكن الحصول عليها أيضاً مثل حد السيلان الاصطلاحي حد المرونة الافتراضي والابتدائي.

حيث يحسب حد السيلان σ_S وفق العلاقة: $\sigma_S = P_S / A_0$

حيث: P_S الحمولة المطبقة التـي يظهرها الجهاز عندما تستمر العينة بالتشوه دون أن يظهر ما يشير إلى ازدياد الحمولة على نفس الجهاز.

A_0 مساحة مقطع العينة.

ويحسب حد المتانة على الشد σ_b وفق العلاقة: $\sigma_b = P_b / A_0$

حيث: P_b حمولة الانهيار التي يظهرها مؤشر الجهاز في لحظة انقطاع العينة وهي أكبر حمولة مقروءة في تجربة الشد.

ويتم تحديد الاستطالة النسبية ε من نفس تجربة الشد وتحسب بالعلاقة %:

$$\varepsilon = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0} * 100$$

حيث: L_1 الطول الجديد للعينة بعد الاختبار أي بعد انقطاعها.

L_0 الطول البدائي للعينة قبل الاختبار.

مسائل محلولة:

المسألة رقم 171:

ماذا يعنـــي تصنيف الفولاذ: 1 – فولاذ مُخَمد 2 – فولاذ نصف مُخَمد 3 – فولاذ غير تام التخميد (الساخن).

الحل:

1 – الفولاذ المخمَد: وذلك عندما يتم توهج الفولاذ بشكل كامل أثناء صنعه ولكن يتم تبريده بشكل بطيء دون إطلاق غازات مما يعطي سبائك وقطعاً معدنية ذات بنية كثيفة متجانسة خالية من فقاعات الغاز داخل جسم المعدن حيث تشكل هذه الفقاعات بؤراً للإجهادات وبالتالي نقاطاً ضعيفةً تضعف بدورها المعدن.

2 – الفولاذ نصف المخمَد: هو فولاذ حالته وبنيته بين حالة الفولاذ المخمَد وبين حالة وبنية الفولاذ غير تام التخميد (الساخن).

3 – الفولاذ غير تام التخميد (الساخن): يتم الحصول على هذا الفولاذ دون أن تكون عملية توهج المعدن السائل كاملة، ولذلك يبقى قسم من الغاز في السبائك والمنتجات من هذا المعدن مشكلة فقاعات داخل جسم المعدن ولذلك فإن الفولاذ المخمد يزيد بالسعر بمقدار % (20-25) عن الفولاذ غير تام التخميد.

المسألة رقم 172:

ما هي الشوائب الكيميائية الضارة التـــي يمكن أن تكون موجودة في الفولاذ، وما هي النسب المسموح بوجودها في تركيب الفولاذ بحسب المعايير والمواصفات المتاحة.

الحل: الفوسفور بحيث لا يزيد إطلاقاً عن 0.045%.

الكبريت بحيث لا يزيد عن 0.055%. (المرجع 6 – المرجع 8)

المسألة رقم 173:

اكتب التفاعل الكيميائي الذي يتم من خلاله طرح الكبريت والفوسفور أثناء صهر (سبك) الفولاذ في الفرن بطريقة مارتين في الحصول على الفولاذ.

الحل:

$$P_2O_5 + CaO \rightarrow CaOP_2O_5$$
$$P_2O_5 + 3FeO \rightarrow (FeO)_3P_2O_5$$
$$(FeO)_3P_2O_5 + 4CaO \rightarrow (CaO)_4P_2O_5 + 3FeO$$
$$FeS + CaO \rightarrow CaS + FeO$$
$$FeS + Mn \rightarrow MnS + Fe$$
$$MnS + CaO \rightarrow CaS + MnO$$

حيث يطرح كبريتات الكالسيوم CaS كخبث (رماد).

المسألة رقم 174:

تم اختبار فولاذ التسليح على الشد من خلال عينة بقطر $d_0 = 10mm$، الطول البدائي من أجل اختبار الاستطالة $L_0 = 100mm$، وبعد الاختبار كانت القراءات التالية:

الحمولة المطبقة عند حد السيلان $P_S = 7500\ kg$، حمولة حد المتانة (الانقطاع) للفولاذ $P_b = 8200\ kg$.

طول العينة أثناء تطبيق حمولة حد السيلان $L_S = 105\ mm$، وطولها بعد الانقطاع $L_1 = 115mm$ قطر العينة عند التضيق (الخصر) $d_1 = 6.7\ mm$.

المطلوب: 1 – احسب حد السيلان.

2 – حد المتانة على الشد.

3 – الاستطالة النسبية.

4 – التضيق النسبـــي (التخصور).

الحل: 1– حد السيلان:

$$\sigma_s = P_S / A_0 = 95.5 kg/mm^2$$

حيث: A_0 مساحة مقطع العينة.

2- حد المتانة على الشد:

$$\sigma_b = P_b / A_0 = 104.5 kg/mm^2$$

3- الاستطالة النسبية:

$$\varepsilon = \frac{(L_1 - L_0) * 100}{L_0} = 15\%$$

4 – التضيق النسبـــي:

ψ = مساحة مقطع العينة بعد التضيق/المساحة الأولية لمقطع العينة قبل التجربة = 55%

المسألة رقم 175:

يتعرض عنصر بشكل مجراية يتوضع في منطقة الشد في جائز معدنـــي لحمولات شد. فإذا علمت أن رقم هذا العنصر (المجراية) هو 30 من الجدول (37) المرجع رقم (3) وماركة الفولاذ لهذا العنصر هي: St-3.

المطلوب: احسب عند أية حمولة تظهر التشوهات المتبقية (اللدنة) في هذا العنصر.

الجدول (37): فولاذ المقاطع (المدرفل) – المجرايات

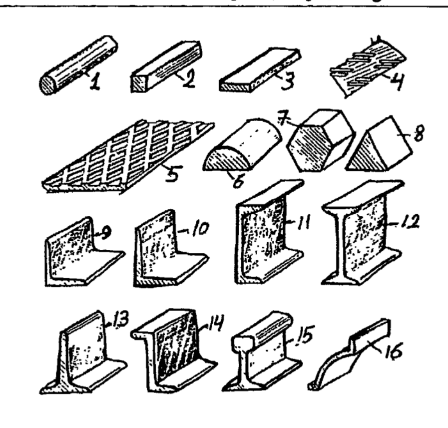
رقم المجراية	وزن المتر الطولي kg	مساحة المقطع cm^2	العزم المقاوم cm^3
12	10.4	13.3	50.6
14	12.3	15.6	70.2
16	14.2	18.1	93.4
18	16.3	29.7	121
20	18.4	23.4	152
22	21.0	26.7	192
24	24.0	30.6	242
30	31.8	40.5	387
40	48.3	61.5	761

الحل: إن مساحة مقطع العنصر S تستخرج من الجدول (37) وتساوي $S = 4050\ mm^2$.
وإن حد السيلان للفولاذ من ماركة st-3 المصنوع منه هذا العنصر (المجراية) من الجدول (10-3) في الكتاب النظري "مواد البناء واختباراتها" الصفحة 192 (المرجع 4) يساوي: $\sigma_s = 22kg/mm^2$ وهكذا فإن الحمولة التـي ستظهر عندها التشوهات اللدنة المتبقية P_s هي:

$$P_s = \sigma_s * S = 22 * 4050 = 89100kg$$

المسألة رقم 176:

أوجد التسميات المناسبة للمنتجات المعدنية من الفولاذ المدرفل والمقاطع المبينة في الشكل (22)، وبين كيف تتصور عمل هذه المقاطع أي أين يجب استخدام هذه المقاطع (الأشكال) في الأبنية للاستفادة من مقطعها وشكلها أكبر استفادة.



الشكل (22)

الحل:2- تربيعة فولاذ ذات مقطع مربع مصمت.

3- جريحة

1- فولاذ بمقطع دائري.

6- فولاذ بمقطع نصف دائري.

7- فولاذ بمقطع مسدسي.

8- فولاذ بمقطع مثلثي.

10- زاوية غير متساوية الضلعين.

9- زاوية متساوية الضلعين.

11- مجراية.

12 - مقطع I.

13 - مقطع T.

15 - مقطع قضبان سكة القطار (سكة) والرافعات الجسرية.

14 - مقطع Z.

16 - للأعمدة الفرعونية أو التاجية.

16- 14 - 9 لصناعة العدد المعدنية.

11- 12 - 15 - 13 - 14 - 10- 9 كعناصر حمالة في الأبنية - جوائز - أعمدة... الخ.

15- قضبان السكك الحديدية وسكك الرافعات الجسرية في المعامل.

16- لتلبيس وتقوية الأعمدة الفرعونية.

1- 2 - 3 - 4 -5 - 6 - 7 - 8 للحصول على تربيعات وصفائح وشرائح وألواح معدنية متعددة الاستعمالات.

المسألة رقم 177:

أثناء إشادة بلاطة تستند إلى مقاطع معدنية في منشأ محسوب على الحمولات الستاتيكية (الساكنة) برز سؤال: هل من المفيد والاقتصادي للبلاطة استبدال مجرايتين مناسبتين بأحد

الجوائز بمقطع I رقم 36 من الجدول (38) بمجراتين مناسبتين.

الجدول (38): الفولاذ المدرفل (المقاطع) - الجوائز بمقطع I

رقم القطعة (المقطع)	وزن المتر الطولي kg	مساحة المقطع cm^2	العزم المقاوم cm^3
10	9.46	12.0	39.7
14	13.7	17.4	81.7
16	15.9	20.2	109
18	18.4	23.4	143
20	21.0	26.8	184
22	24.0	30.6	232
24	27.3	34.8	289
27	31.5	40.2	371
30	36.5	46.5	472
33	42.2	53.8	597
36	48.6	61.9	743
40	56.1	71.4	947
50	76.8	97.8	1570
60	104.0	132.0	2510

إن رقم القطعة بالنسبة لمقطع I وللمجرايات يعبر عن ارتفاعها حيث تأخذ مقاطع I أرقاماً من 10 حتـــى 60 والمجرايات من 5 حتـــى 40 وتصنع مقاطع I بأطوال تصل إلى 19m والمجرايات بأطوال تصل إلى 18m.

الحل: طبعاً للوهلة الأولى يمكن أن يبدو ذلك اقتصادياً ولكن بالتدقيق كما يلي:

بالعودة إلى الجدول (38) جدول المقاطع الفولاذية بمقطع I تبين أن الجائز بمقطع I رقم 36 ذو عزم مقاوم $W_X = 743\ cm^3$.

فإذا عدنا إلى الجدول (37) نلاحظ أن هذا العزم المقاوم تؤمنه مجرايتان رقم 30:

$$W = 2 * 387.2 = 774.0cm^3$$

ولكن وزن المتر الطولي لمقطع I رقم 36 يساوي 48.6 kg ووزن المتر الطولي للمجرايتين يساوي: 2 * 31.8 = 63.60 kg

وبالتالي إن استبدال مقطع I رقم 36 بمجرايتين يتسبب بهدر للمعدن بمقدار 30% وليس من المفيد أو الاقتصادي استبدال مجرايتان رقم 30 بمقطع I .

المسألة رقم 178:

ما هي قساوة الفولاذ الكربونـــي ماركة st-3 وماركة st-5 والفولاذ الحاوي على الكروم والنيكل ذو حد المتانة على الشد $76\ kg/mm^2$ وذلك بطريقة برينيل.

للحل: استخدم العلاقة التـــي تنظم مقدار القساوة HB بحسب حد المتانة على الشد σ_b من كتاب النظري الصفحة 201 والجدول (5-10) الصفحة 202. وكذلك استخدم الجدول (3-10) من كتاب النظري الصفحة 192.

الحل: بالعودة للجدول (3-10) من كتاب "النظري" (المرجع 4) تبين أن وسطي حد المتانة على الشد للفولاذ الكربونـــي st-3 يساوي: $\sigma_b \approx 45\ kg/mm^2$

ومن نفس الجدول حد المتانة على الشد للفولاذ الكربونـــي st-5 يساوي: $\sigma_b \approx 58\ kg/mm^2$

وبمعرفة واستخدام العلاقة التجريبية بين مقدار القساوة وحد المتانة على الشد للفولاذ الحاوي على الفحم: $\sigma_b = 0.36\ HB$ (المراجع 5-3-2)

يمكن وبشكل تقريبـــي حساب قساوة الفولاذ بطريقة برينيل:

للفولاذ st-3 القساوة $126\ kg/mm^2$

وللفولاذ st-5 القساوة $161\ kg/mm^2$

وللفولاذ الحاوي على الكروم والنيكل:

$$HB = \frac{\sigma_b}{0.34} = \frac{76}{0.34} = 230kg/mm^2$$

المسألة رقم 179:

عينة من الفولاذ الكربونـــي (الحاوي على الكربون) تعرضت لاختبار القساوة بطريقة برينيل ذي الكرة بقطر $D = 10$ mm وحمولة $P = 3000$ kg وذلك لثلاث مرات. فظهر بعد كل عملية اختبار أثر وكان قطر الأثر الأول: $d_1 = 5.09$ mm، وقطر الأثر الثاني: $d_2 = 5.15$ mm، وقطر الأثر الثالث: $d_3 = 5.12$ mm .

احسب حد المتانة على الشد وماركة الفولاذ المختبر.

الحل: بحساب الوسطي لقطر الأثر تبين أن قيمته d تساوي: $d = 5.12$ mm وكما هو معلوم تحسب القساوة بحسب طريقة برينيل بالعلاقة:

$$HB = \frac{P}{F} \qquad kg/mm^2$$

حيث: P الحمولة مقدرة kg.

F مساحة الأثر مقدرة mm^2

ومنه:

$$F = 0.5 * \pi * D * \left(D^2 - \sqrt{D^2 - d^2}\right) \quad \text{(المرجع رقم 3)}$$

وفي مسألتنا $F = 22\ mm^2$ (يجب التأكد بشكل تقريبـــي من مساحة الأثر) والقساوة HB بطريقة برينيل تساوي:

$$HB = \frac{3000}{22} = 136 kg/mm^2$$

ويمكن أيضاً الحصول على القساوة بدلالة الحمولة وقطر الكرة وقطر الأثر من الجدول (32) (المرجع رقم 3).

وبعد الحصول على قيمة القساوة للمعدن يمكن حساب حد المتانة على الشد للمعدن باستخدام العلاقات كما وردت في المسألة السابقة.

ولهذه المسألة حد المتانة على الشد σ_b

$$\sigma_b = 0.36 * 136 = 48\ kg/mm^2$$

ومنه يتبين أن ماركة الفولاذ وبالعودة إلى الجدول (3-10) من المرجع (4) هي st-3.

المسألة رقم 180:

من أجل تعيين مقاومة الفولاذ للصدم للتأكد من ضعف أو قوة الطبقات الداخلية له وجودة تحضير الفولاذ اختبرت عينة نظامية بمقطع 1 cm * 1cm وطول 5.5 cm حيث تم صدمها بواسطة نواس الصدم عند الشق النظامي المحدث في العينة بعمق 0.2 cm وكانت قيمة العمل المبذول لكسر العينة A = 12.21 kgm

والمطلوب: احسب عامل مقاومة الفولاذ للصدم a_k والذي يسمى أيضاً لزوجة الصدم النوعية للفولاذ a_k

الحل: إن عامل مقاومة الفولاذ للصدم a_k أو ما يسمى لزوجة الصدم النوعية للفولاذ a_k

تحسب بالعلاقة: $a_k = \dfrac{A}{F_N}$ (كافة المراجع)

حيث: A العمل المبذول في كسر العينة kgm.

F_N مساحة مقطع العينة في مكان الشق cm^2.

ومنه:

$$a_k = \frac{12.21}{0.8*1} = 15.2 kgm/cm^2$$ (المرجع 9)

وكنتيجة: كلما كان العمل المبذول لزيادة أبعاد الشق أكبر كانت مقاومة الفولاذ على الصدم أكبر، وبالتالي إمكانية انهياره المفاجئ في المنشآت أقل بوجود شقوق. ويستخدم هذا الاختبار بتقييم الفولاذ المستخدم في صناعة الطائرات والصواريخ والمنشآت الصناعية الهامة ذات الأبعاد الكبيرة والوظائف الخاصة.

المسألة رقم 181:

من أجل خلق الإجهاد المسبق في قضيب تسليح فولاذي ماركة st-5 جرى تسخينه بواسطة التيار الكهربائي، احسب الاستطالة الكلية للعينة (القضيب) وذلك نسبة للطول البدائي قبل التجربة l_0 والمساوي 2.5m علماً أن الإجهاد المطبق لخلق الإجهاد يساوي 85% من حد السيولة.

الحل: إن قيمة الاستطالة للعينة بالتسخين تحسب من العلاقة:

$$\Delta l = \frac{\sigma_0}{E} * l_0$$

حيث: σ_0 الإجهاد المطبق لخلق سبق الإجهاد في العينة (kg/cm^2).

l_0 الطول البدائي للعينة قبل تطبيق حمولة سبق الإجهاد.

E معامل مرونة فولاذ التسليح لماركة st-5 وتساوي: $E = 2100000\ kg/cm^2$

ومن المعروف أن التسخين يعطي طولاً إضافياً (تمدد) ولذلك ولأن هذا الطول نتيجة التسخين سيختفي فإنه يجب إعطاء العينة طولاً إضافياً للتعويض ومقداره % (10-20) من الاستطالة الكاملة المطلوبة.

وبالعودة للجدول (10-3) من كتاب "النظري" نجد أن الفولاذ ماركة st-5 يتميز بحد سيولة يساوي: $\sigma_s = 2600\ kg/cm^2$.

ومنه الطول اللازم لتحقيق تطبيق حمولة سبق الإجهاد:

$$\Delta l = \frac{\sigma_0 * l_0}{E} = \frac{2210 * 250}{2100000} = 0.26cm$$

$$\sigma_0 = 2600 * 0.85 = 2210 kg/cm^2$$

تمارين المعادن وخواصها:

مسألة 108:

إذا علمت أن أشهر ماركات الفولاذ الشرقي (الروسي) لأعمال البناء هي A-I، A-II، A-III، A-IV، A-VI وأن المواصفات تشترط أن تكون قيمة الاستطالة النسبية لا أقل من: 25% للفولاذ A-I، 19% للفولاذ A-II، 14% للفولاذ A-III، 7% للفولاذ A-IV، 6% للفولاذ A-VI. فإذا كان الطول البدائي لكل العينات ومن كافة الماركات 60mm فما هي الأطوال النهائية الحسابية لعينات فولاذ التسليح من الماركات المذكورة بعد انقطاعها بالاختبار.

البحث السابع

مواد البناء المحضرة على أساس المواد الرابطة العضوية

البيتومين الإسفلتـــي – البوليميرات (البلاستيك) – الدهانات

البيتومين: مادة رابطة عضوية تسمى أيضاً الإسفلت أو الزفت وتستخدم بشكل واسع في بناء الطرقات حيث يحضر من مزيجها مع الحصويات البيتون الإسفلتـــي المستخدم في الأغطية الطرقية كما وتستخدم بشكل واسع في أعمال العزل في الأبنية بشكل رقائق بيتومينية (رولات) أو بتسخينها واستخدامها بشكلها السائل ساخنةً وهي ذات خواص جيدة للعزل الهيدروليكي وغيره.

ولذلك فهناك بيتومين البناء وبيتومين الرولات للعزل الهيدروليكي والبيتومين الطرقي (الزفت). ولذلك فهناك أنواع متعددة لكنها متشابهة بالشكل الخارجي وتختلف هذه الأنواع بدرجة الاشتعال والليونة والتمدد وعمق اختراق الإبرة وهي جميعها خواص تتعلق بدرجة حرارة التعامل مع البيتون.

ومن أهم خواص البيتومين اللزوجة التي تتحدد لأنواع البيتومين السائلة بطريقة قياسية بواسطة الفيسكوزيمتر الذي يقيس بشكل مواز الزمن اللازم لمرور عينة البيتومين السائلة من خلال ثقب محدد القطر عند درجة حرارة 60°.

ولأنواع البيتومين الصلبة ونصف الصلبة يتم قياس اللزوجة اصطلاحياً بواسطة البينترومتر من خلال اختراق إبرة البينترومتر في البيتومين عند درجة حرارة 25°.

والخلطات الإسفلتية الطرقية المكونة غالباً من البحص والرمل والبيتومين والمادة المالئة

التـــي يتم الحصول عليها من طحن الصخور الكلسية أو الدولوميتية أو غيرها ولنعومة كبيرة قد تتجاوز $4000\ cm^2/gr$ أحياناً تدرس كبنية متداخلة يتوضع فيها الرمل والمادة المالئة والبيتومين في فراغات الرمل ليتحقق بذلك تغليف سطوح حبات البحص والرمل كما هو في البيتون الإسمنتي وبناءً على ذلك يتم حساب كميات المواد ونسبها في الخلطات البيتومينية (الإسفلتية) لأعمال الطرق.

مركبات الدهانات: حيث تتكون مركبات الدهانات بشكلها العام من مستحلب متخثر يحتوي على زيت خاص ومادة ناعمة واسعة الانتشار والتشتت يتم الحصول عليها من طحن الصخور الكلسية أو غيرها واهم الخواص لمركبات الدهان بشكلها النهائي المعروف. مقاومتها للظروف الطبيعية من رطوبة وهواء والتأثيرات الكيماوية وانتشارها الطيفي الواسع ضمن بنيتها المتداخلة إضافة لما يسمى سعة الزيت أي إمكانية تشكيل معجون الدهان المتخثر والمكون من الزيت والمادة المالئة الناعمة.

وللحكم على جودة الدهان كمركب يتم اختبار المد (t_{Gl}) وهو قدرة المادة على طلاء سطح صقيل بأقل سماكة ممكنة وفق العلاقة:

$$t_G = \frac{m_K(100 - OL)}{100 * S}$$

حيث: m_K كمية الدهان الجاهز اللازمة لطلاء صفيحة ذات سطح صقيل بمساحة معلومة.

OL نسبة الزيت المستخدم في تحضير الدهان.

S مساحة الصفيحة ذات السطح الصقيل.

مسائل محلولة:

المسألة رقم 182:

يراد إنشاء غطاء من البيتون الإسفلتـــي لطريق وبخشونة عالية للغطاء ليؤمن احتكاكاً جيداً في طريق منحدر. فإذا علمت أن المواد المستخدمة هي: بيتومين طرقي (إسفلت)، بودرة فلزية من الصخر الكلسي (مادة مالئة)، رمل وزنه الحجمي عند الارتصاص $1650\ kg/m^3$، بحص عالي الجودة ذو وزن حجمي عند الارتصاص $1600\ kg/m^3$ ونسبة الفراغات فيه

$P_G = 40\%$، ولكن ونتيجة لتجارب كثيرة فإن نسبة البيتومين b_N إلى البودرة N_N هي $\frac{b_N}{N_N} = 0.96$.

الحل: من المعروف أنه لتحقيق احتكاك عالٍ للغطاء الطرقي يجب ملء الفراغات بين حبات البحص بالمونة البيتومنينية (الإسفلتية) R لتشكل مع البحص البيتون البيتوميني (الإسفلتي) دون أن تتسبب هذه المونة بتوسيع الفراغات بين حبات البحص. ولتحقيق ذلك يجب أن يكون مصروف البحص G:

$$G = \frac{1}{1 + P_G * \frac{\gamma_R}{\gamma_{OG}}} \quad \text{(المرجع 3)}$$

حيث: γ_R الوزن النوعي للمونة البيتومينية المساوية $2.3 gr/cm^2$ تقريباً ويكون:

$$G = \frac{1}{1 + 0.4 * \frac{2.3}{1.6}} * 100 = 63\%$$

ويمكن حساب مصروف الرمل من النسبة والتناسب:

$$\frac{S}{G} = \frac{P_G * \gamma_{O.S}}{\gamma_{O.G}} \quad \text{المرجع (3)، المرجع (6)}$$

حيث: $(P_G * \gamma_{O.S})$ تمثل كماً هو الحجم الذي سيشغله الرمل الذي سيتوضع في فراغات البحص مع مراعاة الوحدات ومنه:

$$S = \frac{G * P_G * \gamma_{O.S}}{\gamma_{O.G}} = \frac{63 * 0.4 * 1.65}{1.6} = 26\%$$

ولحساب الرابط البيتوميني المكون من (بيتومين b_N + بودرة فلزية N_N) يمكن أن نكتب:

$b_N + N_N = 100 - 63 - 26 = 11\%$ ولحساب مصروف البيتومين والبودرة بشكل مستقل:

$$\frac{b_N}{N_N} * N_N + N_N = 11\%$$

وبتعويض قيمة $\frac{b_N}{N_N}$ وتوحيد المخارج (المقامات) والضرب والجمع:

$$1.96 * N_N = 11\% \Rightarrow N_N = 5.61\%$$

وبالتالي فإن محتوى (كمية) البيتومين (الإسفلت):

$$b_N = 11 - 5.61 = 5.39\%$$

المسألة رقم 183:

المعطيات للمواد المستخدمة:

الوزن الحجمي للرمل $1440\ kg/m^3$، نسبة الفراغات في الرمل: $P_S = 40\%$، الوزن النوعي للمادة المالئة (البودرة الفلذية) $\gamma_{NN} = 2.67 kg/m^3$.

معامل الحركية للمونة: ويقصد به خاصية المونة بأخذ شكل القالب ولزوجتها وقابليتها للمد وطراوها وعدم انفصال مكوناها ويتعلق ذلك كله بكمية المادة السائلة فيها ونوعية المواد المكونة لها وهي في هذه المسألة لا تحتوي على الإسمنت بل على مادة قابضة هي البوليمير P_L التـــي تشكل بمزجها جيداً مع البودرة الفلذية (المالئة) N_N تشكل المادة الرابطة في جسم المونة أي أن المونة تتكون من (بوليمير + مالئ) + رمل إذاً معامل الحركية للمونة: $K_R = 0.5$

والمطلوب:

احسب تركيب المونة البوليميرية بالنسب المئوية إذا علمت أن نسبة البوليمير P_L إلى المادة المالئة N_N هي: $\frac{P_L}{N_N} = 0.4$

الحل: إن استخدام البوليميرات بدلاً عن الاسمنت شائع جداً وخاصة في المنشآت التـــي تتطلب مواصفات خاصة من حيث الكثافة، المقاومات العالية للبيتون والمونة، المقاومة العالية للتأثيرات الكيميائية – الحامضية – مقاومة الاهتراء ...الخ.

إن المادة الرابطة المكونة كما ذكر من (بوليمير + مالئ) والتـــي تأخذ شكل العجينة الراتنجية ستتوضع في المونة البوليميرية في الفراغات بين حبات الرمل وتغلفها، ولذلك يمكن القول: إن جزءاً وزنياً واحداً من المعجون (العجينة) البوليميرية ستملأ الفراغ بين الحبات في

الرمل بالكمية التالية:

$$S = \gamma_{O.S}\frac{\frac{1}{\gamma_{NN}}+\frac{P_L}{N_N}}{P_S+K_R} = 1.44*\frac{0.375+0.4}{0.4+0.5} = 1.24$$ (المراجع 7-3-1)

ويتضح من هنا أن جزءاً وزنياً واحداً من العجينة (الرابط) البوليميري المكون من (بوليمير + بودرة فلزية) ولكي يتوضع في مكانه بين فراغات الرمل ليكون المونة البوليميرية يحتاج لتحقيق ذلك إلى 1.24 جزءاً وزنياً من الرمل.

ويمكن التعبير عن ذلك بأن العجينة البوليميرية والرمل في المونة يجب أن تكون بنسب وزنية على الشكل التالي: رمل 1.24 :1 عجينة بوليميرية أو بالنسبة المئوية 44.65% عجينة بوليميرية و 55.35% رمل، وبالأخذ بالحسبان نسبة البوليمير P_L إلى المادة المالئة (البودرة) N_N في الرابط البوليميري (العجينة) داخل جسم المونة وهو كما ورد في معطيات المسألة 0.4 تكون النسب المئوية للمواد الداخلة في تركيب المونة البوليميرية كما يلي:

مادة قابضة (بوليمير) 12.75% – مالئ (بودرة فلزية) 31.9% – رمل 55.35%.

المسألة رقم 184:

المطلوب تحديد نوع الاسبيداج IS (مادة مبيضة من الرصاص أو الزنك تدخل في تركيب الدهان) المستخدم لتحضير دهان زياتـــي يحتوي على 45% من زيت الجفوف OL علماً أنه لطلاء صفيحة زجاجية بمساحة $S = 200\ cm^2$ استخدمت كمية دهان $m_k = 4gr$.

وبالتجربة لتحديد كمية الزيت اللازمة للمادة الصلبة (بودرة أساس الدهان) الذي يشكل مع الزيت ما يسمى بالخضاب للدهان (كما هو الخضاب للدم) تبين أن كمية من الاسبيداج مقدارها $m_{IS} = 5g^r$ احتاجت لكمية من زيت الكتان مقدارها $m_{OL} = 0.7g$، مع العلم أن مواصفات الدهان الزياتـــي تنص على أنه من المعروف أن مصروف الخضاب (أساس الدهان المكون من الزيت وبودرة الاسبيداج التـــي تعطي التغطية) بالغرام لكل واحد $1m^2$ من السطح المطلي هي للاسبيداج من الرصاص 160...200 وللاسبيداج من الليثيوم 110... 140 وللاسبيداج من الزنك 100...120 ومن التيتانيوم 35...45 وسعة الزيت V (كمية الزيت اللازمة لخلطها جيداً مع الاسبيداج لصنع الخضاب) للاسبيداج من الرصاص 9-12g

وللاسبيداج من الليثيوم 11-15gr وللاسبيداج من التيتانيوم 20-25gr وللاسبيداج من الزنك 12-16gr وذلك لكل 100gr خضاب.

الحل: إن عملية المد (التغطية) ووحداتها gr/cm^2 للدهانات ذات الكثافة الاعتيادية المستخدمة تحسب من العلاقة:

درجة المد (tG) = كمية الدهان m_k/المساحة المطلية S

ومنه:

درجة المد للخضاب الجاف t_G:

$$t_G = \frac{m_k(100 - OL)}{100 * S}$$

ودرجة المد لأنواع الاسبيداج الذي استخدم في هذه المسألة:

$$t_G = \frac{4*(100-45)}{100*0.02} = 110 gr/cm^2$$

سعة الزيت V للاسبيداج الجاف مقدرة بالغرام لكل 100gr اسبيداج:

$$V = 100 * \frac{m_{OL}}{m_{IS}} = \frac{100*0.7}{5} = 14gr$$

ومن هنا تبين أن الاسبيداج المستخدم لنوع الدهان موضوع هذه المسألة هو الاسبيداج من الزنك لأن الرقم 14 يمثل الوسطي لسعة الزيت (كمية الزيت اللازمة لصنع الخضاب) وذلك بالعودة لشرط المسألة حول سعة الاسبيداج للزيت لتشكيل الخضاب.

المسألة رقم 185:

يطلب تحديد كمية البوليمير ذي الكثافة $\gamma_{PL} = 1.13 gr/cm^3$ واللازمة لتحضير بلاطة عزل للحفاظ على التدفئة داخل المنشأ أبعاد البلاطة 5 cm * 50 * 100 حيث سيتم صب البلاطة بطريقة تقليدية (السكب) احسب الضغط المتولد في القالب إذا علمت أنه ستظهر من البوليمير السائل P_L بحجم $V_{PL}=11cm^3$ رغوة بوليميرية بلاستيكية Π بحجم $V_{\Pi}=166\ cm^3$.

الحل: نحدد كيف ستتم عملية ظهور الرغوة البوليميرية عددياً من خلال معامل K وذلك كما يلي:

$$K = \frac{V_{\Pi}}{V_{PL}} = \frac{166}{11} = 15.1$$ (المراجع 1-3-5)

كمية البوليمير اللازمة:

$$m_{PL} = \frac{1.2 * V_{\phi} * \gamma_{PL}}{K}$$ (المرجع 3)

حيث: 1.2 معامل الكمية الاحتياطية.

V_{ϕ} حجم القالب والمساوي: $V_{\phi} = 100 * 50 * 5 = 25000\ cm^3$

$$m_{PL} = \frac{1.2 * 25000 * 1.13}{15.1} = 2245gr$$

ويكون حجم البوليمير السائل لملء القالب:

$$V_{PL} = 2245 * 1.13 = 1987\ cm^3$$

والضغط داخل القالب سيكون أكبر من الضغط المتولد نتيجة لعملية ظهور الرغوة البوليميرية بشكل حر سيكون أكبر بمقدار n مرة:

$$n = \frac{K * V_{PL}}{V_{\phi}} = \frac{15.1*1987}{25000} = 1.2$$

مسائل غير محلولة – البيتومين – البوليمير (البلاستيك)_الدهانات

مسألة 109:

احسب تركيب خلطة البيتون الإسفلتـــي المطلوب لتحضير غطاء طرقي خشن لزيادة الاحتكاك مع عجلات السيارات إذا علمت أن المواد المستخدمة هي: إسفلت طرقي (بيتومين – بودرة فلزية كلسية) – بحص عالي الجودة وزنه الحجمي مرتصاً $1650\ kg/m^3$ ووزنه النوعي $2650\ kg/m^3$ والرمل المستخدم هو الرمل الكوارتزي ذو الوزن الحجمي المرتص $1710\ kg/m^3$ وبالتجربة فإن نسبة البيتومين إلى البودرة 0.87.

مسألة 110:

ما هي كمية البودرة الفلزية اللازمة لتحضير خلطة من البيتون الإسفلتـــي لتحضير غطاء طرقي خشن يؤمن احتكاكاً كبيراً مع عجلات السيارات إذا علمت أن النسبة بين البيتومين

والبودرة يجب أن تكون 0.85، علماً أن الوزن الحجمي للبحص المستخدم مرصوصاً $\gamma_{OG} = 1610 kg/m^3$ وهو ذو فراغات بنسبة 42%، والرمل المستخدم بوزن حجمي في الحالة المرصوصة $\gamma_{OS} = 1740 kg/m^3$.

مسألة 111:

المطلوب: احسب بشكل تقريـــبي سماكة طبقة البيتومين التـــي تغلف حبات البحص والرمل في خلطتين من البيتومين الإسفلتـــي: الأولى تحتوي على كمية بيتومين تساوي 6.5% والثانية 7.5% والسطح النوعي للمواد الفلزية (رمل + بودرة) في الخلطة الأولى $S_{NN1} = 15.5\ m^2/kg$ وللمواد الفلزية (رمل وبوحدة) في الخلطة الثانية $S_{N2} = 115 m^2/kg$ (ويمكن تفسير الفرق بين قيمتـــي السطح النوعي الرمل والبودرة معاً في الخلطتين بسبب كمية البودرة المختلفة حيث أنها ليست متساوية في الخلطتين). وللحل يمكن اعتماد كثافة البيتومين $\gamma = 1 gr/cm^3$.

مسألة 112:

احسب نسب البوليمير إلى البودرة الفلزية إلى الرمل وذلك في مونة بوليميرية إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل المستخدم $1480 kg/m^3$ والوزن النوعي له $2.65 gr/cm^3$ والوزن النوعي للمالئ (البودرة) $2.55 gr/cm^3$ والنسبة للرابط البوليميري (بوليمير: مالئ) هي 0.45، ومعامل الحركية للمونة $K_R = 0.4$.

مسألة 113:

احسب مصروف البوليمير اللازم لتحضير $1m^3$ من المونة البوليميرية بوزن حجمي $2100\ kg/m^3$ إذا علمت أن الوزن الحجمي للرمل المستخدم $1450\ kg/m^3$ ونسبة الفراغات فيه 44% والوزن النوعي للمالئ (البودرة) $2.68 gr/cm^3$ ونسبة المالئ إلى الرابط البوليميري وزناً 2.2 ومعامل الحركية للمونة البوليميرية $K_R = 0.5$.

مسألة 114:

ما هي المساحة التـــي يمكن طلاؤها بكمية 5 kg من الدهان ذي الكثافة العادية شائعة

الاستخدام والمحضر بواقع مرتين مختلفتين الأولى على أساس السبيداج من التيتانيوم والثانية على أساس السبيداج من الزنك، إذا علمت أن المد للدهان الأول وسطياً هو $t_G = 45gr/cm^2$ والمد للدهان الثانـــي هو $t_G = 110gr/cm^2$ ويحتوي الدهان الأولى على زيت الجفوف OL بنسبة 55% والدهان الثانـــي على 35% من نفس الزيت.

مسألة 115:

ما هي كمية البودرة الحديدية (ما يسمى بالكحل عند عمال الدهان) المستخدمة بدلاً عن الاسبيداج وما هي كمية زيت الجفوف اللازمة لطلاء مساحة مقدارها $550\ m^2$، إذا علمت أن المد لهذا السبيداج $t_G = 15gr/cm^2$ ونسبة الزيت OL في هذا الدهان 40%.

مسألة 116:

كما ورد في المسائل المحلولة عن البوليميرات فإن بعض المواد التـــي تضاف إلى البوليمير السائل لخلق رغوة بوليميرية لتخفيف الوزن الحجمي له، وعند تحديد هذه الخاصية (ظهور الرغوة) وذلك في كأسين معدنيين بقطر 150 mm تم صب كمية 280gr من البوليمير مع الإضافة التـــي تظهر الرغوة وتشكلها حيث كان الوزن النوعي (الكثافة) للمركب في الكأس الأول $1.14gr/cm^3$، وفي الكأس الثانـــي $1.2gr/cm^3$. وبعد ظهور الرغوة تبين أن ارتفاع المركب (الرغوة البلاستيكية) في الكأس الأول 21 cm وفي الكأس الثانـــي 27 cm. احسب كيف ستتم عملية ظهور الرغوة عددياً ، أي قيمة المعامل K المساوي النسبة $\frac{V_{\Pi}}{V_{PL}}$ في الكأس الأول للمركب البوليميري الأول وكذلك في الكأس الثانـــي للمركب الثاني.

مسألة 117: بعد حل المسألة رقم 116 وإيجاد قيمة معامل التقسيم K الذي يميز وجود الإضافات التـــي تتسبب بظهور الرغوة في المركب البوليميري واستناداً لقيم K التـــي حصلت عليها من المسألة السابقة، احسب مصروف البوليمير للحصول على 100 قطعة (بلاطة) لاستخدامات التدفئة والعزل إذا كانت قياسات البلاطة 5 cm * 50 * 100.

الأجوبة

1 – 3.3 m.

2 – 5 صوامع.

3 – 107.8 t.

4 – 179 m.

5 – يومان.

6 – 1219 kg.

7 – نقص بمقدار $2.3\ m^3$.

8 – عند رطوبة 2% تصبح $\gamma_0 = 1275\ kg/m^3$ وعند رطوبة 20% تصبح $\gamma_0 = 1895\ kg/m^3$.

9 – $2.66\ gr/cm^3$.

10 – 105.4 gr.

11 – 24.8 KN.

12 – 66.7%.

13 – حجم الفراغات = 48% ولا يتغير الحجم تبعا لقطر الكرات.

14 – $42.3\ m^3$.

15 – $1550\ kg/m^3$.

16 – $953.5;\ 1077.6\ kg/m^3$.

17 – 11.7 kg غضار، 19.5 kg الفلدسبار، 19.5 kg كوارتز، 27.3 kg كاولين، 22 kg الماء.

18 – الغضار 14.3 kg، الكاولين 32.5 kg، الكوارتز 19.6 kg، الفلدسبار 19.7 kg، الماء 13.9kg.

19 – الرطوبة 11.25 %، والمسامية المفتوحة 19.3 %، والمسامية المغلقة 16.2 %.

20 – وزنها في الحالة الأولى 20 kg، وفي حالة الإشباع التام 36.7 kg.

21 – كمية الماء المتسربة على التوالي للبيتون المصبوب بالمكان $207\ m^3$، وللمسبق الصب $62\ m^3$، وللبيتون الإسفلتـــي $52\ m^3$.

22 – نعم: القسطل يحقق.

23 – لا: لايتحمل عمود الآجر.

24 – لوزن حجمي $600kg/m^3$ كمية البخار تساوي 262gr، ولوزن حجمي للبيتون الغازي $700kg/m^3$ كمية البخار تساوي 232gr، ولوزن حجمي للبيتون الغازي الثالث والرابع $800kg/m^3$ كمية البخار التـــي تمر تساوي 210gr.

25 – لوزن حجمي 600 سماكة الجدار 0.437 m، ولوزن حجمي 700 سماكة الجدار 0.387 m ولوزن حجمي 800 سماكة الجدار 0.349 m.

26 – معامل تمرير البخار (فلترة البخار) يساوي غ/(م.سا.باسكال) 4.8×10^{-4} gr/(M.h.Pa).

27 – 1.21، 0.83، 0.45، 0.3 حرة/م.درجة.

28 – الحل: تزداد سرعة انتشار الحرارة في البيتون الثقيل عنها في البيتون الخفيف بمقدار 1.6 مرة.

29 – الجواب: سرعة انتشار الحرارة (التمرير الحراري) $0.00414\ m^2/h$.

30 – الأجوبة: من الزجاج العادي الاستطالة النسبية 0.076%، من الزجاج الكوارتزي 0.004%، ومن الفولاذ 0.094%، ومن الألمنيوم 0.19%.

31 – حد المقاومة على الضغط لعينات البيتون 36.8 MPa وللحجر الطبيعي 99.4 MPa.

32 – 12 MPa – انظر الجدول رقم 4 للانعطاف.

33 – مرحلة التحميل 100 t.

34 – لا: لا يمكن.

35 – لعينات المونة 10 t، ولعينات البيتون 50 t ولعينات أنصاف المواشير 25t.

36 – 3.6 KN.

37 – 25.8 KN.

38 – حد المقاومة على الشد (MPa) 87.15, 93.8, 85.05,.

39 – 6.67 MPa.

40 – يتضاعف الارتفاع خمس مرات.

41 – معامل التبعثر للمعمل الأول 9%، وللمعمل الثانـــي 20%، وللمعمل الثالث 15%.

42 – معامل التبعثر للمجموعة الأولى 9% وللمجموعة الثانية 5%، واقتصاد الإسمنت = 7.5t

43 – للأول نقص الارتفاع بمقدار 0.6 mm، وللثانـــي نقص الارتفاع بمقدار 0.3 mm.

44 – $1.2\ gr/cm^2$، والارتفاع نقص بمقدار 0.6 cm.

45 – عينات بحصويات الحجر الكلسي 80mkm، وحصويات آجر غضارية 224 mkm، وبحصويات بازلتية 128 mkm، وبحصويات كوارتزية 112 mkm.

46 – 3.9 mm.

47 – 42.4 KN.

48 – الجواب 15 mm، 9 mm.

51 – عند $\gamma_O = 1370 \Leftarrow E_b = 0.75 * 10^4 MPa^{-1}$،

عند $\gamma_O = 1580 kg/m^3 \Leftarrow E_b = 0.81 * 10^4 MPa$

وعند $\gamma_O 1700 kg/m^3 \Leftarrow E_b = 0.92 * 10^4 MPa$.

52 – سهم الانحناء = 0.08 mm.

53 – للفولاذ من الصنف A-IV الضياع للطريقة الأولى 34 وللطريقة الثانية: الكهروحرارية 16.2 MPa، وللفولاذ صنف A-V للطريقة الأولى للشد الميكانيكي 52 وللطريقة الثانية: الكهروحراري 21.6 MPa.

54 – 0.4 MPa.

55 – الماركة 300 ومعامل التطرية 0.8 ونسبة امتصاص الماء 7.6% ولا يمكن استخدامه في المنشآت المائية.

56 – الغرانيت .

57 – 115.3 t.

58 – الكالسيت 60% – الكاولينيت 16% – الكوارتز 24%.

59 – غضار كلسي – مارل غضاري – كلس غضاري.

60 – 172.2 t.

61 – العدد هو 187263 قرميدة.

62 – السماكة للأول 0.74 وللثانـــي 0.67 وللنوع الثالث 0.56m.

63 – الكتلة للسماكة الأولى للجدار 2.9 وللثانية 2.4 وللثالثة 1.96 kg.

64 – الوزن الحجمي المنتظر $1189 kg/m^3$.

65 – الكمية المطلوبة 11.2 t.

66 – الكمية الزائدة من الصنف الأول عن الكمية الناتجة من الصنف الرابع تساوي 211 kg.

67 – إن أكبر كمية من Ca يمكن أن تنتج هي: من النوع الثانـــي 59%، من النوع الأول 55.9%، ومن النوع الثالث 55.3% والنشاط الكلسي للنوع الأول 92.4%، وللنوع الثانـــي 84.1%، وللنوع الثالث 94.7%.

68 – كمية الحرارة المنتشرة 147.9 Mj (ميغا جول).

69 – كمية الكلس اللازمة 22.6 kg.

70 – كمية الفحم الحجري اللازمة للكربنة والحصول على الكلس هي 69 kg.

71 – المسامية لجص البناء كمنتوجات متصلبة 36% ولمنتوجات جص البناء عالي المتانة 17%.

72 – المسامية للإسمنت البورتلاندي بعمر 28 يوما هي 30% وبعمر 180 يوما هي 24% وللحجر الإسمنتـــي المحضر من الإسمنت البوزولانـــي المسامية 42% و 39%.

73 – 7.2 kg من الإسمنت و2.8 kg من الماء.

74 – الوزن الحجمي للعجينة الجصية 1.51 kg/L.

75 – نعم يمكن اعتبار هذا الإسمنت مقاوما للكبريتات.

76 – نعم يحقق هذا الكلينكر شرط التركيب للإسمنت سريع التصلب.

77 – الحجر الكلسي 8.6 ضعف الغضار أي 1 غضار: 8.6 حجر كلسي.

78 – نسبة الكلس الحر تشكل 16% من كتلة الإسمنت.

79 – الكمية الواجب إضافتها من السيليس الفعال تساوي 1.48 t.

80 – انتشار الحرارة يكون بـــ 1.22 مرة أكبر.

81 – معامل الخشونة (النعومة) للرمل رقم 1 = 2.73، وللرمل رقم 2 = 1.69، وللرمل رقم 3 = 3.13. السطح النوعي للرمل رقم 1 = 6.92، وللرمل رقم 2 = 10.94، وللرمل رقم 3 = $5.07 m^2/kg$. نسبة الفراغات للرمل رقم 1 تساوي = 41.9، وللرمل رقم 2 = 43، وللرمل رقم 3 = نسبة الفراغات تساوي = 43.4%.

82 – الرمل رقم 2 مع الرمل رقم 3 بنسبة 37% من الرمل 2 إلى 63% من الرمل رقم 3، والرمل رقم 1 مع الرمل رقم 2 بنسبة 67.1% من الأول و 23.9% من الثاني.

83 – للرمل رقم 1 معامل الفعالية = 0.184 ليتر وللرمل رقم 2 = 0.334 ليتر وللرمل رقم 3 معامل الفعالية = 0.274 ليتر.

84 – الإسمنت C = 269، والماء W = 180، والرمل S = 677، والبحص (الزلط)

.(kg/m^3) G = 1242

85 – الإسمنت C = 285، والماء W = 190، والرمل S = 651، والبحص (الزلط) G = 1194 (kg/m^3).

86 – الإسمنت C = 222، والماء W = 149، والرمل S = 528، والبحص G = 941 (kg/m^3).

87 – الإسمنت C = 269، والماء W = 180، والرمل S = 677، والبحص G = 1242 والإضافة خبث الأفران = 131 (kg/m^3). وفي حال عدم استخدام هذه الإضافة فإن الزيادة في مصروف الإسمنت تشكل 39.6 kg/m^3.

88 – C = 53.25 t، W = 16.8 t، S = 128 t، G = 251.3 t.

89 – $\gamma_b = 2520 kg/m^3$, $\gamma_{Ob} = 2288 kg/m^3$ والمسامية P = 9.2%.

90 – إن الاقتصاد في الإسمنت نتيجة استبدال الإسمنت ماركة 400 بإسمنت ماركة 500 هو بكمية 63 kg. والاقتصاد في الإسمنت نتيجة تحسين الرمل وانخفاض شراهتة للماء من 9% إلى 6% يشكل كمية 29 kg. والاقتصاد في الإسمنت نتيجة استبدال البحص من 20 mm إلى 40 mm هو بكمية 29 kg. والاقتصاد في الإسمنت نتيجة استخدام السوبر ملدن يشكل 84 kg.

91 – عند هبوط للمخروط 12 cm الاقتصاد في الإسمنت 45.6 kg، وعند هبوط 5 cm الاقتصاد في الإسمنت 28 kg، وعند قساوة 30 sec الاقتصاد في الإسمنت 17.5 kg.

92 – الماركة الجزئية نتيجة المعالجة بالحرارة والرطوبة هي 250 وهي بالنسبة المئوية 60% تقريبا من الماركة الأصلية.

93 – الجواب: التركيب (إسمنت – كلس – رمل) (6.3, 0.64, 1) والماء W=172 kg/m^3

94 – الكمية المطلوبة من الكلس هي 17 t.

95 – مصروف العجينة الكلسية 17.5 m^3 ومصروف الرمل 61.5m^3.

96 – عند رطوبة 68% يكون الوزن الحجمي 963.6 kg/m^3، وعند رطوبة 72% يكون الوزن الحجمي 986.5 kg/m^3 وعند المساء تكون الرطوبة 66% ويكون الوزن الحجمي الوسطي 952.1kg/m^3.

97 – الجواب: 1) 727.3; 2) 511; 3)497 kg/m^3.

98 – الجواب: نعم.

99 – الجواب: التقلص (الانكماش) = 3.83%، عرض اللوح عند رطوبة 12% = 86.5 mm.

100 – نعم ستظهر الشقوق (الفواصل) وقيمتها تصل حتـــى 2.2 mm.

101 – الجواب: $105 \times 41 \times 2344$ mm.

102 – الجواب: الحجم الجديد للخشب بالرطوبة العالية $54.2\ m^3$.

103 – الجواب: 147 kg – انظر المسألة المحلولة رقم 164.

104 – وزنه لوح خشب البلوط 3 kg.

105 – الجواب: للصنوبريات 53.9 MPa وللأشجار الوارقة (الشربين) 39.2 MPa.

106 – لا. لم تتحمل العوارض. ويجب تخفيض الحمولة بمقدار 16.6 kg.

107 – الجواب: 48 MPa.

108 – A-I = 75 mm، A-II = 71.4 mm، A-III = 68.4 mm، A-IV = 63.6 mm،
A-VI=63.6 mm.

109 – تركيب خلطة البيتون الإسفلتي: G = 65.41% بحص، S = 25.8% رمل، بودرة فلزية كلسية 4.7%، وبيتومين طرقي 4.1%.

110 – الجواب: البودرة 4.9%.

111 – سماكة طبقة البيتومين تساوي 4.5×10^{-3}mm للخلطة الأولى والسماكة 7×10^{-4}mm للخلطة الثانية.

112 – النسب للمونة البوليميرية هي: بوليمير – مالئ – رمل وعلى التوالي: 1 – 2.22 – 4.47.

113 – مصروف البوليمير لكل $1m^3$ مونة بوليميرية يساوي 290 kg.

114 – الجواب: المساحة للدهان الأول $50\ m^2$، والمساحة التـــي يطليها الدهان الثانـــي بكمية 5 kg هي $29.5\ m^2$.

115 – كمية بودرة الحديد (الكحل) اللازمة 8.25 kg، وكمية الزيت المطلوبة OL تساوي 5.5kg.

116 – ظهور الرغوة وتمثيله عدديا كنسبة أية قيمة K في الكأس الأول 15.2 وفي الكأس الثانـــي 20.5.

117 – مصروف البوليمير لقيمة K الأولى $PL_1 = 1.89$ t، ومصروف البوليمير لقيمة K الثانية $PL_2 = 1.45$ t.

المراجع

المرجع 1:

DVORKIN

Straitlin Materiali I Detali - Praktikum

KIEV-GLAVNO IZDATELSTVO

Izdatelskovo Obidineni-Vishaia Shkola 1988

المرجع 2:

SHEIKIN. A. E مواد البناء

MOSCOW-Stroiizdat-1978

المرجع 3:

SKRAMTAEV-BURVO-BANFILOV-SHUBINKIN

Premeri Bo Straetelnim Materialam

Izdatelstuo VISHAIA SHKOLA-MOSCOW 1970

المرجع 4:

الدكتور محمد راتب سطاس والدكتور أندراوس سعود

مواد البناء واختباراتها — الطبعة التاسعة — منشورات جامعة دمشق

المرجع 5:

GORTSHKOV + BAGENOV

Straitlni. Materiali

MOSCOW STOIIZDAT 1986

المرجع 6:

DVORKIN

Straitlni Materiali dla Ener Gititshicki

Sarugenie MOSCOW Energo Atomizdat 1989

المرجع 7:
LASHTIN + LIONTEVA
Materialavedeni, Mashinostro
MOSCOW 1990

المرجع 8:
RASISKAIA ACADEMI ARKITIKTURA
i Straitelni Nauc
MOSCOW 1999 2- VIPUSK

المرجع 9:
DRESDNER BRUCK ENBAUSYMPOSIUM
11. Marz 1999
Technische Unive Rsitat DRESDEN





السعر : 6 دولارات أمريكية أو مايعادلها